

Oecon.

648.

Dec.

648^d

Früh

Bayerische Staatsbibliothek



<36647712230014

6
ÜBER
TORF UND DOPPLERIT.

EINE MINEROGENETISCHE STUDIE

FÜR

GEOGNOSTEN, MINERALOGEN, FORST- UND
LANDWIRTHE

VON

DR. J. J. FRÜH
KANTONSSCHULLEHRER IN TROGEN.

MIT EINER TAFEL.

ZÜRICH.
VERLAG VON J. WURSTER & C^{IE}.
1883.



Vorwort.

Indem ich mir zunächst zur Aufgabe machte, das Wesen des Dopplerites durch seine Genesis festzustellen, bin ich durch das mehrjährige Studium der verschiedensten Torfmoore vom mineralogisch-geologischen Standpunkte aus allmählig zu einer Reihe von Gesichtspunkten gelangt, welche ich Fachmännern um so weniger vorenthalten wollte, als seit zwei Dezennien keine zusammenfassende Arbeit über diese Erdbildung erschienen ist.

Um die volle Objektivität zu wahren, habe ich mich absichtlich mit den Anschauungen früherer Forscher erst bekannt gemacht, nachdem ich durch Prüfung eines reichen Materials einen eigenen Standpunkt gewonnen hatte.

Die vorliegende Abhandlung gründet sich auf frische Proben aus Mooren von der Lombardei bis an die Küsten der Nord- und Ostsee, vom schweizerischen Jura bis in die Ausläufer der Ostalpen; auf eine grosse Zahl und Länge von selbstaufgenommenen Profilen; auf über vierzehn Hundert durch Wort und Skizze protokollierte mikroskopische Präparate bei mindestens 300/1, abgesehen von zahlreichen mikroskopischen Hilfs- und Controluntersuchungen; auf eine längere Versuchsreihe zur Darstellung künstlicher Ulminstoffe und zahlreiche chemische und physikalische Proben.

Dadurch, dass ich die reiche Literatur zu sichten mich bestrebt habe, hoffe ich künftigen Forschern einen wesentlichen Dienst geleistet zu haben. Der Lücken und Mängel sind zahlreiche. Dass ich sie nicht ausgefüllt, liegt theils darin, dass ich nicht über geeignete Hilfsmittel verfüge, theils in den sehr geringen Fortschritten der Chemie der Torfsubstanzen seit *Mulders* Untersuchungen.

Möge diese minerogenetische Studie, welche das pflanzengeographische Element nur insoweit in ihren Bereich gezogen, als es zum Verständniss gewisser Partieen erforderlich war, einen Beitrag zur Kenntniss der jüngeren phytogenen Mineralstoffe liefern und künftigen Forschern zur Orientierung dienen!

Noch erfülle ich die angenehme Pflicht, den zahlreichen Naturforschern des In- und Auslandes und allen Naturfreunden, derer im Texte nicht speziell gedacht worden und ohne deren Mitwirkung diese Arbeit unmöglich gewesen wäre, herzlich zu danken.

Gerne benutze ich ferner diese Gelegenheit, die Herren Prof. A. Heim, Dr. A. Dodel-Port und Dr. A. Kenngott in Zürich meiner tiefgefühlten Dankbarkeit zu versichern für das Wohlwollen, welches sie mir während und seit meiner Studienzeit als Lehrer und Freund entgegengebracht haben.

Trogen, 10. Juni 1883.

Inhalt.

	Pag.
I. Bildung der Torfmoore.	
A. Meertorf	1
B. Landtorf.	
a) Hochmoor	3
b) Wiesenmoor	7
c) Bildet sich Hochmoor aus Wiesenmoor?	8
d) Sind die Süßwasseralgen als Torfbildner zu betrachten?	20
II. Zur Kenntniss des Vertorfungs-Prozesses.	
1) Die wichtigsten den Torf charakterisirenden Umwandlungs- produkte der Pflanzen	28
2) Ulmifikation der einzelnen Pflanzen und Pflanzenstoffe	29
3) Ursachen und Wesen des Vertorfungsprozesses	33
III. Zur Morphologie und Chemie der natürlichen und künstlichen Ulminstoffe	50
IV. Der Dopplerit	64
Literatur	85
Erklärung der Tafel	87

ÜBER

TORF UND DOPPLERIT.

I.

Bildung der Torfmoore.

Da die allgemeinen Ursachen der Torfmoorbildung in den grösseren Arbeiten von *Lesquereux*¹⁾, *Grisebach*²⁾, *Sendtner*³⁾ und *Senft*⁴⁾ ausführlich besprochen sind, begnüge ich mich hier mit der Beschreibung der verschiedenen *Bildungsweisen der Torfmoore*. Gerne hätte ich mich darauf beschränkt, von diesen nur diejenigen darzulegen, welche in einer näheren Beziehung zum Dopplerit stehen, wenn ich nicht wahrgenommen, dass selbst in der neuesten mineralogischen und geologischen Literatur hierüber noch falsche oder einseitige Ansichten bestehen, einestheils desshalb, weil die betreffenden Autoren vortreffliche ältere Arbeiten nicht berücksichtigten, anderntheils weil überhaupt manche Controversen in der Torffrage durch spätere Untersuchungen nicht gehoben werden konnten.

Nachdem das Wasser als Hauptfaktor der Vertorfung von Pflanzen erkannt worden, musste man sich vorerst die Frage vorlegen, ob Meer- und Süsswassergewächse in gleicher Weise sich verändern, ob überhaupt zwischen „*Meertorf*“ und „*Landtorf*“ zu unterscheiden sei.

A. Den Meertorf

erwähnt namentlich *Dau* (*Senft* l. c.) als aus Tangarten gebildet und an den Küsten von Holland, Schweden und Norwegen vorkommend und wurde diese Mittheilung von späteren Forschern als Faktum angenommen. *Arendts* und *Grisebach* (l. c.), *Forchhammer*⁵⁾, *Staring*⁶⁾, *Nöggerath*⁷⁾ u. A. haben aber gezeigt, dass die betreffenden Torfe gewöhnliche Süsswasserbildungen und nur durch Senkung der Küsten submarin geworden sind. Dasselbe ist der Fall mit dem „*Meertorf*“, welchen *Mac-Culloch*⁸⁾ von den schottischen Küsten zitirt und der

namentlich durch *Zostera marina* gebildet sein soll.* Der „submarine peat“ ist nach gütiger Mittheilung von *James Geikie* in Edinburg versunkener Torf.

Ich bin veranlasst worden, diese längst als Thatsache geltenden Angaben neuerdings zu prüfen, weil in jüngster Zeit die Steinkohlenbildungsfrage durch *Reinsch*⁹⁾, *Muck*¹⁰⁾ und *Petzholdt*¹¹⁾ das allgemeine Interesse auf sich gezogen hat. Während *Reinsch* die Steinkohle aus Vegetabilien entstehen lässt, die „ohne eine cellulosehaltige Aussenschicht sind“ und sich mit recenten Pflanzenformen allerdings nicht vergleichen lassen, will man nicht die chlorophyllfreien Protophyten, vor Allem die Schizomyceten, „als Nachzügler dieser vorweltlichen einfachsten Pflanzenformen betrachten“ und damit das Gebiet kühner Hypothesen betritt, redet *Muck* der namentlich durch *Parrot* und *Fr. Mohr* vertheidigten Tangtheorie das Wort und berührt damit die Torfbildungsfrage auf pag. 123—125 seines Werkes. „Das Fehlen von Meerespflanzen“ in den Steinkohlen durch die „gar einfache Thatsache“ erklärend, dass eben Meerespflanzen rasch der Fäulniss unterliegen und in kurzer Zeit sich „in eine strukturlose Masse verwandeln, in welcher organisirte Reste gar nicht mehr zu erkennen sind“, erwähnt *Muck* des „pflaumenmusartigen Breies“ von gefaultem Tang, der zu einer „homogenen Masse“ eintrocknet und (n. s. Patent) als Bindemittel für Feinkohle zur Briquettefabrikation verwendet wird, zitiert hierauf die Stücke von Erdtorf gleichender Masse, welche an der Nordseeküste ausgeworfen und „die im äusseren Ansehen eine ganz auffallende Aehnlichkeit“ mit eingetrockneter, verfaulter Tangmasse besitzen.

Herr Dr. *Muck* hatte die Freundlichkeit, mir Proben von beiden Substanzen zur mikroskopischen Untersuchung zu überlassen.

Befund:

- a) *Frischer Tangbrei*; eine braune, ziemlich übelriechende Masse, in welcher nebst einzelnen Mineralsplittern und Prosenchymzellen höherer Pflanzen nur Tangreste zu erkennen sind, deren Zellen grösstentheils isolirt und mit körnigem Inhalt erfüllt oder krümelig zerfallen sind. Zahlreiche Bakterien und Nematoden, dem Genus *Rhabditis* Duj. angehörend.

Getrocknet ist die Substanz hart, brennt mit sehr kleiner Flamme und stinkendem Geruche, sintert ziemlich zusammen und hinterlässt viel eisenhaltige Schlacke. Es sind somit diese Tange in einem wirklichen Fäulnissprozess begriffen, unterstützt durch die Schizomyceten, die mir im Torf niemals zur Kenntniss gekommen sind.

* Vergleiche auch „*Nöggerath, der Torf*“ (Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge. Berlin 1875.)

- b) Die von der Nordsee bei *Blankenberghe* an die Küste gespülte braune Substanz enthält Epidermisreste von Cyperaceen, Sphagnumblätter, Parenchyme von krautartigen Pflanzen, Radicellen und Wurzelhaare. Keine Spur von Algen! Pulver tiefbraun, brennt schwierig mit sehr kurzer Flamme zu einer stark eisenhaltigen Masse.

Mithin ist die vorliegende Probe ächter, gewöhnlicher Torf. Durch die gütige Vermittelung von Herrn Direktor Dr. A. Mayer in Wageningen (Holland) erhielt ich ferner ein von der See am *Dollart* ausgeworfenes frisches Torfstück (unter alluvialem „Zeeklei“ gelegen) zur Untersuchung, an dem ich mich von der Natur des Torfes bestens überzeugen konnte und ausser einigen vom Meer hineingespülten Diatomeen (welche *Ehrenberg* s. Z. veranlassten, den Torf für marin zu halten) keine Spur von Meerespflanzen entdecken konnte (dasselbe fand *Grisebach* für Torf von der Küste bei Jever); dagegen enthielt das 2 cbdm grosse Stück eine 2 cm dicke Schicht von hellbraunem in allen Theilen sehr wohl erhaltenem Sphagnum Austini Sulliv., eine Torfmoorspecies, welche bis jetzt nur an wenigen Orten Deutschlands gefunden worden ist.

Fassen wir das eben Mitgetheilte zusammen mit den Beobachtungen früherer Forscher und der Thatsache, dass keine bis heute ausgeführte Lothung vom Meeresgrunde Reste von Tangen oder andern Meerpflanzen zu Tage gefördert hat, so gilt zur Stunde noch der Satz:

Man kennt keine marine Torfbildung.

B. Die Ansichten über die Bildung des Land- oder Süsswassertorfes

oder eigentlichen Torfes mussten naturgemäss desshalb divergiren, weil wirklich die denselben bedingenden Vegetationsverhältnisse nach der chemischen Beschaffenheit des imbibirenden Mediums und nach Klima verschieden sind — und müssen ferner sehr einseitige bleiben, so lange der betreffende Autor entweder nur die Moore seiner nächsten Umgebung autoptisch kennen gelernt oder die Arbeiten anderer Forscher unberücksichtigt liess. So erklärt es sich, dass noch *Websky* in seiner Inauguraldissertation 1858¹²⁾ und in der deutschen Uebersetzung derselben 1864¹³⁾ trotz der schätzenswerthen Werke von *Sendtner*, *Lorenz*¹⁴⁾ und *Senft* für die Torfbildung eine einheitliche „Urpflanze“ aufstellt, das Torfmoos, „ohne welche kein Torfmoor vegetiren oder sich gebildet haben kann“ und in aller Schärfe behauptet, „es sei sicher kein Grund vorhanden, der uns bewegen könnte, zu glauben, dass die schwarzen homogenen Torfe eine andere Urpflanze haben als die faserigen Moostorfe.“

In Wirklichkeit ist die Torfmoorbildung eine ausserordentlich mannigfaltige und zeigen sich wol eben so viele Nüancen als Torfmoore überhaupt. Dessenungeachtet lassen sich mit aller Entschiedenheit bestimmte Formen erkennen und auf entsprechende bestimmte Entstehungsursachen zurückführen, welche ich nun versuchen will, kritisch darzustellen.

Nach *Wieck* (l. c.) hat schon *Eiselen*, dessen Publikationen in die Jahre 1802 und 1816 fallen, zwischen Hochmoor und Grünlandsmoor unterschieden. Dasselbe that *Dau* 1823. *Lesquereux* schreibt: „il a le premier bien observé et bien décrit les différences entre les marais tourbeux formés sous l'eau et ceux qui se sont élevés sans bassins d'eau préalable“ und stellt in dieser Beziehung zwei Gattungen von Mooren auf:

marais supraaquatiques und *marais infraaquatiques*,

zwei an und für sich sehr präzise, aber der Wirklichkeit keineswegs scharf entsprechende Begriffe und jedenfalls nicht immer identisch mit den deutschen Bezeichnungen „Hochmoor“ und „Grünlandsmoor“ oder „Niedermoor“ oder „Wiesenmoor“.

Sendtner hat zuerst darauf hingewiesen, wie sehr der Untergrund eines Moores vermöge seiner chemischen Zusammensetzung den Charakter desselben bestimme, weil gewisse moorbildende Pflanzen, die Torfmoose, bestimmte Mineralsalze nicht ertragen. Jeder Bryologe weiss, dass hartes Wasser eine Sphagnumvegetation vernichtet. „Das Entstehen der Rasen von Sphagnum entscheidet die Moorbildung.“ *Sendtner* stellte deshalb folgende Beziehung zwischen Moor und Untergrund auf:

Auf *Thon*: *Hochmoor*;

Auf *Kalk* (Alm): *Wiesenmoor* (pag. 621 ff.).

Indessen lehrten ihn seine Beobachtungen, dass „alle Moore an Flussufern selbst auf thoniger Unterlage Wiesenmoorcharakter haben, sobald sie den Ueberschwemmungen von Seite der Flüsse ausgesetzt sind“ (pag. 657).

Ich kann gestützt auf meine zahlreichen Beobachtungen und mit Berücksichtigung derjenigen früherer Forscher die Bedingung für Hoch- und Wiesenmoorbildung in folgendem Satze feststellen:

*Auf einem kalkhaltigen Untergrund direkt und auf irgend einem Untergrunde, welcher von hartem Wasser befeuchtet wird, kann keine Sphagnumvegetation, mithin kein typisches Hochmoor entstehen.**

* Es ist seit *Grisebach* bekannt, dass die grossen Moore an der Ems nicht etwa durch Sphagneen begründet worden sind, sondern durch die *Calluna vulgaris* und *Erica Tetralix*. Diese für sandige aber feuchte Küstengebiete charakteristische Erscheinung muss ich gegenüber den zahlreichen im Innern Europas u. a. O. vorkommenden Sphagnetum-Hochmooren als besondern Fall und nicht als die typische Form betrachten.

Hiebei sind ferner noch die mittelbare Bildung in oder unter dem Wasser von Teichen, Seen, Flüssen etc. und die unmittelbare, auf dem Untergrund direkt, auseinanderzuhalten; dann ergibt sich folgende Uebersicht:

a. Hochmoor:

- 1) *In Seen und Teichen mit kalkfreiem Wasser.* Die Bildung eines Sphagnetums beginnt am Rande und schreitet nach innen fort, um eine schwimmende Decke zu bilden, auf der sich Algen, Droseraceen, Vaccineen, vielleicht auch Eriophorum vaginatum ansiedeln, das Gewicht vermehren und die Pflanzendecke zum Sinken bringen, die bald wieder durch eine neue ersetzt wird. In der schweizerisch-schwäbisch-bayerischen Hochebene und den präalpinen Gebieten habe ich diese Art der Hochmoorbildung hauptsächlich durch Sphag. cuspidatum Ehrh. vermittelt, nur im Kleinen, in Tümpeln, Gräben etc. gesehen; vielleicht ist sie überhaupt von untergeordneter Bedeutung. In den grösseren Wasserbecken der norddeutschen Seenplatten scheint sie ziemlich häufig aufzutreten (conf. Senft, Websky). Hieher gehören wol zum Theil die infra-aquatischen Moore nach Lesquereux.
- 2) *Auf kalkfreiem Untergrunde, der von weichem Wasser berieselt wird.* (Hieher zum Theil die Haidemoore Grisebachs, begründet durch Erica Tetralix und Calluna vulgaris, in deren Schatten jedoch die Sphagneen sich eben so gut ansiedeln, als sie es in unsern Voralpen thun, sobald eine humusartige Unterlage geschaffen worden.)

Der Untergrund muss also Thon sein oder Sand, welcher wie in Norddeutschland mittelst fettem, thonigem Schlamm (Knick) wasserdicht gemacht wurde. Diese Thone sind sowohl in Norddeutschland als in der schweiz.-bayerischen Hochebene und den Voralpen glaciale Ablagerungen und daher wenigstens in den zwei letzteren Gebieten selten kalkfrei, ja manchmal mit ziemlich viel Kalkgeröllen und Kalkmehl der sedimentären Formationsglieder angefüllt, so dass die ersten pflanzlichen Kolonisten reichlich Kalksalze finden mussten. Gleichwohl ruhen nach Sendtner die Hochmoore direkt auf solchem Glacialschutt. Leider habe ich bei meinem Besuche der Hochmoore in den oberschwäbischen Moränenlandschaften von Isny, Leutkirch, Kisslegg diesen Gesichtspunkt ganz ausser Acht gelassen. Es wäre aber denkbar, dass auf dem Lehm — wenn auch während kurzer Zeit — zuerst eine kalkliebende Vegetation aufgetreten, deren Ueberreste den Untergrund für die Sphagneen oder das Hochmoor vorbereitet hätten. Nach Sendtner „hat der Torf eine moorbildende, neuen Torf erzeugende Eigenschaft“ (?) und Grisebach glaubt, es sei in der nassen Jahres-

zeit zuerst etwas Torf entstanden, der dann den Boden (den Sandboden des nordwestlichen Deutschlands, auf dem Hochmoore ruhen) impermeabel gemacht hat.

In der bayerischen Hochebene habe ich von dem grossen *Degermoos*, ein von der k. bayerischen Eisenbahnverwaltung ausgebeutetes Hochmoor (Lindau-Kempten), das ich auf Dopplerit untersuchte, zahlreiche Profile aufgenommen, leider aber keine direkt auf dem Untergrund ruhende Torfprobe mitgebracht. Ein 3,6 m hohes Profil, auf einige hundert Meter aufgeschlossen, zeigt folgende Verhältnisse von oben:

- 1—1,2 m: Ein dünn geschichteter, schwarz angewitterter Torf, der sich von der folgenden Schicht scharf abhebt. Die mikroskopische Untersuchung ergab einen vorherrschend aus Sphagneen gebildeten mit zahlreichen Chitinresten gemengten *Hochmoortorf*. (Lebend hauptsächlich *Sphag. cymbifolium* Ehrh.)
- 1—1,5 m: Ein homogener, schwarzbrauner, frisch hellbrauner, speckiger und ziemlich plastischer Torf; in demselben sind fast regelmässig in Tiefen von je 1 dm horizontale und parallele Schichten von gequetschten Birkenstämmchen. Unter dem Mikroskop: Sehr viele Cyperaceen-Radicellen, ca. 90 %, relativ wenig aber gut erhaltene Reste von Sphagnumblättern.
- 0,4—0,6 m: Holzschicht, d. h. Torf mit zahlreichen Wurzelstöcken von Coniferen. — Zusammensetzung nicht untersucht.
- 0,3 m (nur so viel war entblösst): Glacialschutt, ungeschichtet, besteht aus Thon, mit zum Theil ausgelaugten krystallinischen Gesteinen (Hornblendegneiss, Gneiss, Glimmerschiefer wie derjenige des Arlberg, Kalksteine etc.).

Es hat somit dieses Hochmoor seine Zusammensetzung gewechselt. Anfänglich mehr den Charakter eines Wiesenmoores zeigend, indem die Torfmoosreste zurücktreten, wurde es später ein typisches Hochmoor. Das Erraticum wurde zuerst von Wald besetzt. Sollten da nicht Hypneen, Polytricheen etc. gewachsen und dann auf ihren Resten erst allmählig die Vermoorung begonnen haben?

Bei meinen zahlreichen Untersuchungen von Torfmooren der Ost- und Centralschweiz habe ich *ein einziges Mal und ganz isolirt* in einer Gegend, wo sonst Wiesenmoor den Untergrund bedeckt, *Sphagnumtorf direkt auf dem Lehm* gefunden (Langmatt bei Einsiedeln). Der betreffende Punkt liegt so hoch, dass ihn das Flusswasser nicht erreichen kann. Der Torf war frisch rothbraun und besteht aus Sphagnumresten, Cyperaceenresten, Samen und Stengel von *Menyanthes*, Stengel von *Phragmites*, keine Hypneen.

Dieser Fall darf aber ganz besonders mit Rücksicht auf das Vorkommen nicht als Baustein einer Theorie verwendet werden und

es ist darum sehr zu wünschen, dass an andern Orten die untersten Schichten der auf Thon ruhenden und diesen direkt berührenden Hochmoore auf ihre pflanzliche Zusammensetzung geprüft werden.

Noch muss ich bemerken, dass nach meinen Beobachtungen die unter I^b) besprochene Art Hochmoor nicht von jeder Sphagnumart vorherrschend gebildet wird. *Senft* zitiert „namentlich *Sphag. acutifolium* Ehrh. und *capillifolium*“. Es sind dies nur Synonima für das eigentliche *Sphag. acutifolium* Ehrh., welches an feuchten Orten gemein ist, in Wäldern, auf Holzresten, Wurzelstöcken, deshalb auch da und dort in Wiesenmooren anzutreffen. Ich kenne innerhalb des der Kreideformation angehörigen Sentisgebirges eine Geröllhalde, auf welcher 40jährige Krüppel von *Abies excelsa* DC. mit einem Durchmesser von nur 22—24 mm von diesem Moose überwuchert werden. Schon *Sendtner* betont (pag. 637): „*Sphag. acutifol.* Ehrh. ist keine eigentliche Hochmoorpflanze“ und erkennt als solche das *Sphag. cymbifolium* Ehrh., was ich durchaus bestätigen muss, in der Meinung, dass *Sphag. acutifolium* wol häufig im Hochmoor angetroffen wird, aber nur von accessorischer Bedeutung.

b. Wiesenmoor oder Grünlandsmoor.

- 1) *In Seen mit kalkreichem Wasser.* Die Torfbildung beginnt bei tieferen Becken wieder vom Ufer aus und zwar vorzugsweise durch Cyperaceen (*Carex*, *Scirpus*), *Phragmites* mit Hypneen, namentlich *Hyp. fluitans*, *scorpioides* u. a., welche allmählig eine zähe, schwingende Decke bilden, die wieder untersinkt — an seichten Stellen nebst diesen Gattungen durch *Potamogetomeæ*, *Juncagineæ*, *Alismaceæ*, *Typhaceæ*, *Iris*, *Utricularia*, *Myriophyllum* etc. Hieher gehören z. B. die Vertorfungen von Seen der schweiz.-bayerischen Hochebene, der Moränenseen Oberitaliens, deren Grund mit der sog. Seekreide belegt ist und wohl auch der grösste Theil jener Torfränder, welche die grossen irischen Seen einschliessen etc.; conf. *Sendtner*, *Senft*, Pfahlbauten-Literatur etc.
- 2) *Wo die Erdoberfläche* — gleichviel ob kalkiger oder thoniger Beschaffenheit — *fortwährend oder wiederholt durch hartes Wasser befeuchtet wird*, entstehen die „sauren Wiesen“, die Wiesenmoore, Grünlandsmoore oder Rasenmoore (*Lorenz*), je nach dem speziellen pflanzengeographischen Charakter, vorherrschend aus Cyperaceen, *Phragmites*, Hypneen gebildet. Hieher sind für die Schweiz zu zählen ausser jenen zahlreichen lokalen Versumpfungen des Hügellandes, welche auf den ersten Blick glaciale Ablagerungen verrathen, die zahlreichen kleinen Torfmoore der Alpen bis zur Schneelinie, die Moore auf den Alluvialgebieten der grössern Flüsse, die Moore des Berner Seeland etc., die gewaltigen Wiesenmoore längs der verschiedenen europäischen Flüsse und Ströme u. s. f.

Ich darf auf die spezielle Beschreibung der tektonischen und pflanzengeographischen Verhältnisse dieser vier Moorbildungen verzichten, da sie von *Sendtner*, *Senft*, *Lorenz*, *Grisebach* u. a. sehr ausführlich gegeben worden ist.

Jedermann, der sich während Jahren mit dem Studium der Torfbildung an Ort und Stelle beschäftigt hat, wird die Beobachtung gemacht haben, dass in Wiesenmooren da und dort inselartige Vegetationsgruppen mit entschiedenem Hochmoorcharakter auftauchen. Das Gegentheil ist — besondere Eingriffe der Natur abgerechnet, conf. *Sendtner* und *Lorenz* — noch nie wahrgenommen worden, da eben die einmal gebildeten gewölbten Hochmoore nicht so leicht einer andauernden Durchtränkung mit hartem Wasser ausgesetzt sind. *Senft* bezeichnet jene Erscheinungen mit

c. Mischmoore.

Sie sind von den meisten Forschern als einfache Ausnahmen von der allgemeinen Regel, als etwas Nebensächliches betrachtet worden und doch muss die Beobachtung von Hochmoor-Inseln innerhalb der Rasenmoore die Frage nahe legen:

Bildet sich Hochmoor aus Wiesenmoor?

Diese behandelt *Sendtner* auf pag. 647 seines Werkes. Nach ihm verneinen dieselbe: *Lasius*, *Grisebach* und *v. Chamisso*. Er selbst spricht sich dahin aus: „Was nun unsere eigene Erfahrung betrifft, so sehen wir Torf sowohl im Hochmoor als Wiesenmoor nachwachsen, unter der Voraussetzung der unveränderten Moorbeschaffenheit. Dagegen hat *Dau*¹⁵⁾ schon vor fünfzig Jahren beobachtet, dass Hochmoore aus Wiesenmooren entstehen können. Nach *Sendtner* wird dies von *Carl Sprengel* bestätigt. *Lesquereux* muss dasselbe wahrgenommen haben, denn er schreibt: „Cependant les deux formations se trouvent parfois superposées.“ Dasselbe lehrt die Darstellung der Torfmoorbildung nach *Thomé* in *Credner*, *El. d. Geol.*, 4. Aufl. pag. 266. Die gewaltigen „Dismall swamp“ in Virginien, Pennsylvanien, New Jersey etc. finden sich namentlich am Unterlauf und gegen die Mündung grösserer Flüsse, haben eine Mächtigkeit von 2—3 m und bestehen nach einer freundlichen Mittheilung von *Lesquereux* vorherrschend aus Sphagneen, *Arundinaria macrosperma*, Magnolien, Taxodien, und doch ist der Untergrund vorherrschend Seekreide („the white clay of bottom“), die aus Conchylien, Infusorien (Diatomeen?), Characeen und Conferven zusammengesetzt ist¹⁶⁾.

Zuerst hat *Lorenz* (l. c.) in einer höchst schätzenswerthen Arbeit klar und deutlich gezeigt, wie manche Hochmoore aus zum Theil bedeutend entwickelten Rasenmooren entstehen können. Leider sind seine Beobachtungen bloß von den österreichischen Naturforschern gewürdigt worden. *Senft* gedenkt dieser Untersuchungen gar nicht.

Unter 57 salzburgischen Mooren, zwischen Eocen-Wellen des Wiener Sandsteins gelegen, fand *Lorenz* 31 „Hochmoore, welche aus Rasenmoor und Röhricht hervorgegangen sind“. Von ganz besonderem Interesse ist das in *Fig. 6 Tab. IV* der „Flora“ 1858 im Profil dargestellte Moor bei Fraham am Trumersee. Es ruht auf der Cyclas einschliessenden Seekreide und besteht aus zwei durch eine zweite Schicht Seekreide getrennten Mooren, von dem jedes zuerst Rasenmoor, dann Hochmoor darstellt. *Lorenz* schreibt pag. 83: „Auf seichtem Seegrunde nahm die gewöhnliche Flora solcher Standorte — *Arundinetum*-*Caricetum* — Platz und erhielt sich, so lange der See ziemlich gleichmässig mit dem aus jener Vegetation gebildeten Torfe stieg, bei gleichem Charakter; später siedelte sich über diesem Röhricht oder stellenweise auch Rasentorf ein Hochmoor an, welches nach längerem Bestehen vom See her mit kalkigen Sedimenten überdeckt wurde; dadurch wurde die Hochmoorbildung unterbrochen und es begann unter nur geringer Benetzung das Rasenmoor auf der Kalkschicht zu prosperiren, welches unter fortwährender Torfbildung etwa 3 Fuss hoch aufwuchs, worauf sich dann, da der See nicht mehr so rasch stieg als das Torflager, das jetzige Torflager darüber ansetzte.“

Prof. *Kerner* hat im Quellgebiet der Szamos in *Ungarn*, am Bihar-gebirge, ebenfalls solche Hochmoore entdeckt, worüber *Pokorny*¹⁷⁾ folgendes mittheilt: „Man beobachtet hier das seltene Auftreten von echten Hochmooren im Kalkgebirge, das sich bei näherer Untersuchung dadurch erklärt, dass die Thalsole aus Sandstein und dem für Wasser impermeablen Detritus desselben besteht und die Grundlage des gewölbten Hochmoores ein an dem Fuss der Thalwände noch fortvegetirendes Wiesenmoor ist.“

Dem fünften Bericht der „Commission zur Erforschung der Torfmoore Oesterreichs.“ (Verhandl. d. zool. bot. Vereins 1860) erstattet von *Pokorny*, entnehme ferner noch zwei Beispiele:

- α) *Torfmoor bei Spital am Pyhrn in Ober-Oesterreich*, „ein *Eriophoreto-Callunetum-Sphagnetum* (Hochmoor), welches unter den der Torfbildung günstigen Bedingungen aus einem *Arundinetum-Caricetum* (Rasenmoor) allmählig entstanden ist.“
- β) *Torflager auf der Herrschaft Niemes-Wartenberg, Jung Bunzlauer Kreis, Böhmen*. „Es siedelte sich auf dem ursprünglichen Wiesenmoor, welchem der schwarze, erdige Torf seinen Ursprung verdankt, eine Hochmoorvegetation an.“

Durch die Güte von Herrn Prof. Dr. *Breitenlohner* (k. k. Hochschule für Bodenkultur) in Wien kam ich in den Besitz von grossen Proben der untern Specktorfschicht des Torfmoores von *Markt-Aussee*

in *Steiermark*, ca. 700 m ü. M., deren Untersuchung lehrt, dass das jetzige Hochmoor aus einem Rasenmoor, einem Cariceto-Hypneto-Arundinetum, entstanden ist.

Ebenso verdanke ich Herrn Oberbergrath Prof. von *Gümbel* in München Proben von Contacttorf mit Dopplerit aus dem *Dachlmoos in der Strub*, südwestlich von Berchtesgaden (an den Südgehängen des Untersberges), ca. 617 m ü. M. Die sehr sorgfältige mikroskopische Untersuchung zeigte, dass auch dieses Hochmoor aus einem Wiesenmoor und zwar ebenfalls aus einem Cariceto-Hypneto-Arundinetum hervorgegangen sein muss, wie denn das benachbarte *Leopoldskronmoos am Nordfuss des Untersberges*, ca. 423 m ü. M., nach *Lorenz* in gleicher Weise zusammengesetzt ist, was ich nach Proben, die mir Herr Prof. *E. Fugger* in Salzburg gütigst zustellte, bestätigen kann.

In der Schweiz sind die Hochmoore weder häufig noch ausgedehnt; in der nordalpinen Abdachung gehören sie ebenfalls den Vorbergen an, meist den innersten Molassemulden und -plateaux, seltener der eocenen und cretacischen Zone.

Alle von mir untersuchten präalpinen schweizerischen Hochmoore sind auf Rasenmoor aufgebaut. — Es sind:

1. Torfmoor von Gonten, Ct. Appenzell J. Rh., ca. 900 m ü. M. und O—W ca. 1,5—2 km messend. Es liegt zwischen der mittleren und äusseren Nagelfluhkette (untere Süsswasser-Molasse) so, dass es im Süden mehr von Bänken der Kalknagelfluh, im Norden von solchen der bunten Nagelfluh flankiert wird und bildet die *Wasserscheide* zwischen den Querthälern der Urnäsch und Sitter; es selbst füllt ein Stück eines ehemaligen Längenthal aus und bedeckt mächtige Ablagerungen der vereinigten Sentis- und Rheingletscher. Ich fand nebst Flyschschiefer und zahlreichen Kreideblöcken ein grosses Stück Juliergranit, ein 0,3 m langes und 0,25 m breites Stück Puntaiglasgranit, ferner Diorit, Amphibolgneiss und Verrucano. Das herbeifliessende Wasser ist kalkreich und liess daher kein Sphagnetum entstehen. Im Gegentheil wuchsen hier zuerst starke Fichten, von denen grosse Stämme auf dem Untergrund liegen, gewaltige Wurzelstöcke am Rande zu sehen sind, während sie lebend in den angrenzenden älteren Beständen vorkommen. Geht man vom Bad Gonten, am Ostende des Moores, in südwestlicher Richtung über Sumpfwiesen mit *Alnus incana*, so trifft man bald eine wallartige Erhöhung an als Rest des nun schon bedeutend abgetragenen Hochmoores, bedeckt mit *Pinus montana uncinata* Ram., *Betula pubescens*, sämtlichen *Vaccineen*, *Andromeda polifolia*, *Calluna vulgaris*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum cymbifolium* und *acutifolium*. Nach Aussage eines Greises, welcher schon in seiner Jugend im Moore gearbeitet und dasselbe noch im unversehrten Zustande gekannt, war dasselbe einst in der Mitte

mindestens um 2—3 m höher, durchweg mit Föhren besetzt und nicht zu begehen, da man in dem schlammigen Boden eingesunken oder in den kleinen aber tiefen Tümpeln umgekommen wäre.

An diesem Ostende ist das Torfmoor gewöhnlich nicht mehr über 3 m mächtig und habe ich für dessen Aufbau folgendes Durchschnittsprofil gefunden:

- a) 1—2 m *Hochmoor*, im Profil ausgezeichnet durch zahlreiche „fetzenartige“ Ueberreste von *Eriophorum vaginatum*, die den Stich sehr erschweren und meist einen schwammigen, „fetzigen“ Torf liefern; da und dort ist er dünn-schichtig, überhaupt nicht kompakt, überschiebt sich gerne auf der folgenden Schicht, bildet desshalb zahlreiche Abrutschungen, „Brüche“ genannt, lässt mit bloßem Auge Blättchen von *Vag. oxycoccus*, *Andromeda*, erkennen und unter dem Mikroskop sehr viel *Sphagnum*; keine Spur von Hypneen, arm an Mineralsplittern. Nach den vorherrschenden Constituenten ist diese Ablagerung als ein *Eriophoreto-Sphagnetum* zu bezeichnen. (Typ. I, *Lorenz*.)
- b) 1 m *Rasenmoor*, kompakt, homogen, grenzt scharf gegen das Hochmoor ab, ist namentlich gegen das östliche Ende ziemlich häufig von schiefen Spalten durchsetzt, enthält Zweige und Stämmchen von *Betula*, *Alnus incana* und liefert einen ganz vortrefflichen Torf. Ich habe diese Schicht von den verschiedensten Tiefen und von zahlreichen Stellen auf das Genaueste untersucht, kann aber dem Zweck dieser Abhandlung entsprechend, auf eine exakte genetische Darstellung der pflanzlichen Verhältnisse nicht eintreten; die Beschreibung der Moore Salzburgs durch *Lorenz* passt ganz auf die hiesigen Verhältnisse. Als charakteristische Constituenten dieses Rasenmoors habe ich beobachtet *Phragmites*, *Carices* und vor Allem stark zersetzte Hypneen, von denen Herr Dr. *Holler*, k. Bezirksarzt in Memmingen, *Hyp. scorpioides* L. als wahrscheinlich vorherrschend erkannte. Jedenfalls waren diese dominirenden Hypneen fortwährend von Wasser berieselt, lebten rasch vegetativ und fruktifizirten selten. Ich habe überhaupt bei meinen mikroskopischen Untersuchungen von Torf nie Peristomzähne oder dgl. gefunden! Diese Constituenten sind jedoch nicht durchweg in gleichem Maasse vorhanden, vielmehr nehmen *Phragmites* und Hypneen, welche in den tieferen Partien dominiren, nach oben ab; die *Carices*, die dagegen in den untern Schichten gegen die Hypneen zurücktreten, gelangen in der Kontaktzone mit dem Hochmoor in den Vordergrund. Es war mithin das Wiesenmoor anfänglich mehr ein *Hypneto-Cariceto-Arundinetum*, gegen den Schluss ein *Cariceto-Hypnetum*. — Viele Mineralsplitter. Noch ist der Rand des Moores *Rasenmoor* und zeigen sich da und dort küm-

merliche Polster von *Leucobryum glaucum* Schp. und *Dicranum scoparium* Hedw. als Spuren einer ehemaligen Verbindung zwischen dem angrenzenden Fichtenwald und dem Moor.

- c) 0,05—0,1 m „Päcklitorf“, ein Hypneto-Caricetum mit sehr viel mineralischen Beimengungen.
- d) Erraticum mit Coniferen (Fichte hauptsächlich).

2. Widenmoos bei Eggerstanden, Appenzell J. Rh., ca. 885 m ü. M., O—W ca. 1,2 km, in einer von kalkreichem Sandstein gebildeten Mulde der unteren Süßwassermolasse gelegen, welche die *Wasserscheide* zwischen Rhein und Sitter darstellt und stark mit Schutt des Rheingletschers bedeckt ist, von dem in der Nähe ein gneissartiger Verrucano von ca. 30 cbm Zeuge ist. Auf diesem Dépôt ruht das Rasenmoor auf. Im westlichen Theile fand ich eine nur wenige qm grosse Stelle mit Seekreide, in welcher Herr *Clessin* vier Arten von Conchylien erkannte: *Pisidium milium* Held., *Pisidium pusillum* Gmel., *Limnæa mucronata* Held. var. *suevica* Cless. und *Planorbis albus* Müll., alles postglaciale und recente, zum Theil verkümmerte Formen. Im mittlern Theile ist das Rasenmoor, welches häufig von Schlamm durchzogen ist, von Hochmoor bedeckt.

3. Gais, Appenzell A. Rh., ca 920 m ü. M. Die hiesigen Torfmoore liegen in einem aus kalkreichem Sandstein oder Nagelfluh gebildeten Synklinalthal, einem ehemaligen Längenthal, das nun aber zur *Wasserscheide* zwischen Sitter und Rhein geworden und ruhen auf mächtigem Erraticum des Rheingletschers.

- a) *Zwieslen*, am Westende, zum Theil fast vollständig abgebaut, so dass durchschnittlich nur noch 1 m starke Profile zu beobachten sind; von oben:
 - α) 0,1—0,5 m Rasenmoor-Caricetum („Röhlitorf“).
 - β) 0,3 m „Päcklitorf“, d. i. ein sehr kompakter, von Mineralsplittern reichlich durchsetzter Torf, welcher trocken mehr oder weniger erdig anzufühlen und kaffeebraun ist wie Cichorienkaffee („Päckli“) — ein Hypneto-Cariceto-Arundinetum.
 - γ) feiner, zäher, sehr plastischer Töpferthon oder Kies mit Rollsteinen von 1—3 cm Durchmesser, auf welchem Wurzelstöcke von *Pinus* (*montana*?) liegen.

Nach Aussage erfahrener Torfstecher ist dies bloss der Ueberrest eines früher viel mächtigeren, mindestens 5—6 m hohen Moores. Welcher Natur war dasselbe? Dieses Rasenmoor wird nicht mehr von dem Wasser der die Ränder bespülenden Bäche erreicht; seine oberste Schicht ist beinahe reines Caricetum, dessen Wurzelfasern von den Torfstechern als Röhrchen betrachtet, ihm im Volksmund den Namen „Röhlitorf“ gegeben haben. Auf diesem Caricetum haben sich nun „Bulten“ von *Erioph. vaginatum* angesiegelt; *Sphag. cym-*

bifol. Ehrh. und acutifol. Ehrh., Vaccinien haben sich um verkümmerte *Abies excelsa* gruppiert; in den Tümpeln lebt *Sphag. cuspidatum*, *Carex ampullacea* etc., an trocknen Orten zeigen sich *Polytrichum*, *Leucobryum* — kurz es beginnt die Hochmoorbildung und zwar von Neuem; das frühere Moor kann in Anbetracht der topischen Verhältnisse kein anderes als Hochmoor gewesen sein. Im Uebrigen wird dies von *Martius*¹⁸⁾, der vor vielen Jahren die Moore von Gais in pflanzengeographischer Beziehung untersucht hat, bestätigt.

b) *Rietli*, am Ostende, 990—960 m ü. M., an einigen Stellen in Profilen von 3,5 m erhalten und Hochmoor zeigend, welche auf einem Hypneto-Cariceto-Arundinetum ruht. Auf dem Lehm wieder Coniferenstämme.

4. *Hofgut*, in einem kleinen Längenthal zwischen Sommersberg und Gäbris, Appenzell A. Rh., ca. 1060 m ü. M., eine *Wasserscheide* zwischen Rhein und Sitter bildend. Die Basis dieses Moores besteht aus dem Erraticum des Rheingletschers, welches grosse Blöcke von Granit, Eurit und Diorit aus dem Val Puntaiglas enthält und gegen Westen einen beträchtlichen Wall bildet. Das Moor ist typisches Hochmoor, Eriophoretum-Sphagnetum, zu oberst zum Theil Callunetum mit älteren Beständen von *Pinus montana uncinata* Ram. und ruht auf einem Rasenmoor, dessen Fortsetzung die umliegenden Sumpfwiesen mit *Swertia perennis*, *Primula farinosa* etc. darstellen und das an seiner Basis grosse Coniferenstämme zeigt, wahrscheinlich meist Fichten, welche jetzt noch die angrenzende Waldung zusammensetzen.

5. Auf der Ostseite des *Gäbris*, bei ca. 1190 m ü. M., liegt in einem kleinen Isoklinalthal der bunten Nagelfluh (untere Süsswasser-Molasse), ein kleines Hochmoor mit älteren Beständen von *Pinus montana uncinata* Ram., welches über einem Rasenmoor aufruht, das in den tieferen Schichten ziemlich stark überschlemmt wurde und auf Erraticum mit grossen Stämmen der *Abies excelsa* liegt.

Nebst diesen fünf in der appenzellischen Molasseregion liegenden Hochmooren gibt es ein grösseres Torfmoor im *Schachen* bei Oberegg, ca. 850 m ü. M.; untere Süsswasser-Molasse, eine Mulde nicht vollständig füllend, fortwährend von hartem Wasser berieselt und daher noch auf der Stufe eines Rasenmoors geblieben. Untergrund Erraticum des Rheingletschers, auf dem namentlich in den Randpartien grosse Stämme von *Abies excelsa* vorkommen.

6. *Ricken*, Kt. St. Gallen, ca. 800 m ü. M., *Wasserscheide* zwischen Linth und Thur, ehemaliges Längenthal, Isoklinalthal der untern Süsswasser-Molasse, nördlich der Trogener Antiklinale; Mischung der Erratica von Rhein- und Sentisgletscher. Das Torfmoor ist zum grössten Theil abgebaut; im östlichen Theil gestatten einige Stellen

einen Einblick in die Beschaffenheit des ganzen Moores und ergeben folgendes Profil:

- a) 1—1,25 m Eriophoreto-Sphagnetum.
- b) 1—1,25 m Rasenmoor.
 - α) Hypneto-Cariceto-Arundinetum, kompakt, sehr guten Torf liefernd, welches nach oben mehr und mehr Cariceto-Hypnetum wird mit ziemlich vielen Resten von *Betula*, *Pinus montana*, nach unten aber begrenzt wird von
 - β) reinem *Hypnetum*, nach Dr. *Holler* aus gut erhaltenem *Hyp. trifarium* W. et M. und etwas *Hyp. scorpioides* L. gebildet, schlechten, rothen Torf gebend.
- c) Glacialschutt mit Coniferenstämmen, *Alnus incana*.

7. Schwantenau, ca. 3,5 km nördlich von *Einsiedeln*, nordöstlich von Altenberg, ca. 920 m ü. M. Die durchschnittliche Mächtigkeit beträgt 2 m. Zu oberst ausgezeichnetes Hochmoor: Eriophoreto-Sphagnetum mit der entsprechenden Flora; darunter *Rasenmoor* von sehr variabler Dicke, 0,05—1,2 m. Wie bei Nr. 6 besteht die unterste Schicht aus reinem Hypnetum, darüber kann dann ein Cariceto-Hypneto-Arundinetum folgen mit schönen *Betula*resten und falls die Mächtigkeit 1 m erreicht, ist das Rasenmoor bei seinem Uebergang in Hochmoor fast reines Caricetum.

8. Waldweg, etwas östlich von Nr. 7 und von derselben Beschaffenheit. Beide haben als Untergrund glaciale Ablagerungen, die zum grössten Theil dem Linthgletscher entstammen.

9. Langmatt, das nördlichste der Sihlmoore, auf dem linken, etwas niedrigeren Ufer dieses Gebirgsflusses gelegen, ca. 880 m ü. M. und von Nr. 7 durch einen hohen Schuttwall getrennt. Dieses Moor hat als Unterlage kalkreichen Glacialdetritus (aus dem hintern Sihlthal stammend?), zum Theil Kies. Dass sich hier Rasenmoor bilden musste, ist sehr einleuchtend, da der Fluss offenbar früher bei Hochwasser die ganze breite Thalsole von Willerzell überschwemmen musste. In der That hat es in der Nähe der Sihl eine Mächtigkeit bis 2,5 m. In etwas westlicher Entfernung von derselben konnte ich bereits 0,5 m Hochmoor als Decke erkennen, das in Folge Entwässerung für den Abbau im Wachsthum verhindert worden ist.

- a) 0,5 m *Hochmoor*, in seiner unteren Grenze mit zahlreichen Resten von *Pinus montana uncinata* mit Zapfen.
- b) 1,5 m *Rasenmoor*, das nach Aussage der Torfstecher vor der Anlage von Entwässerungsgräben beim Begehen sich „wie eine Matrazze“ verhielt und als Streueland benutzt wurde.
 - α) 0,9 m Cariceto-Arundinetum, das in der oberen Grenze durch sporadisches Auftreten von *Sphagnum* den Uebergang zu Hochmoor vermittelt.

- β) 0,6 m Cariceto-Hypneto-Arundinetum.
- γ) ca. 0,1 m Hypnetum wie bei Nr. 6.
- c) Thon und Gerölle.

10. Ganz besonders lehrreich für die Beantwortung unserer Frage ist das „Todte Meer“, nördlich von Willerszell a. d. Sihl (vide Dufour IX, der schraffierte Theil, am linken Ufer der Sihl, gegenüber dem „Bühl“). Es ist ein lebendes typisches Hochmoor. Zahlreiche stumpf kegelförmige oder bienenkorbartige Hügelchen („Bulten“), deren Höhe selten die Basis an Maass übertrifft, sind der Moorfläche aufgesetzt. Sie bestehen mit Ausnahme einiger verkümmelter Fichten — aus der *Sumpfföhre*, *Pinus montana uliginosa* Neum.¹⁹⁾, um und in deren Geäste sich *Sphag. cymbifol.* Ehrh. mit den Vaccinien, *Andromeda* und *Calluna vulg.* sich angesiedelt haben. Daneben zahlreiche grosse Rasenstöcke von *Erioph. vag.*, zwischen welchen kleinere und grössere Tümpel mit *Sphag. cuspidatum* und Algen das Landschaftsbild vervollständigen. Da und dort sind kleine Rasen von *Sphag. acutifol.*, *Polytricheen*, trockene Stellen werden von Cladonien eingenommen, während nebst der *Betula pubescens* Ehrh. die *Betula nana* L. von dem arktischen Klima Zeugnis ablegt, das einst in unserm ganzen Vaterlande geherrscht hat.

Im Sommer muss sich dieses Moor düster ausnehmen neben dem mit hohen Riedgräsern und Schilfrohr besetzten, von zahlreichen Orchideen, Spiraeen, *Lithrum*, *Menyanthes*, Ranunkeln etc. geschmückten westlich von ihm gelegenen Rasenmoor. Das nasse, schwammige und farbenarme Moor mit krüppeligen Holzpflanzen ist und bleibt ein „todtes Meer“.

Ein mehrere hundert Meter breites Hochmoor, begrenzt von einem hoch gehenden Gebirgsflusse, dessen Sammelgebiet hauptsächlich innerhalb der Kreidekämme liegt!

Es stehen diese Thatfachen im schärfsten Gegensatze zu der Mineraltheorie, welche *Sendtner* auf pag. 621, 656 und 657 seiner „Vegetationsverhältnisse“ entwickelt hat.

Da das „todte Meer“ im Westen per Torfstich angeschnitten, konnte die Zusammensetzung gegen die Tiefe hin untersucht werden.

Befund:

- a) 0,2—0,3 m *Hochmoor*; *Eriophoreto-Sphagnetum* mit deutlich erhaltenen Spiralfasern in den Rindenzellen des *Sphag. cymbifol.*
- b) 2,0 m *filziges, rothes Rasenmoor*, und zwar in den oberen Partien ein Cariceto-Arundinetum mit eingestreuten Algen; tiefer treten Hypneen auf und gestalten das Moor mehr und mehr zu einem Cariceto-Hypneto-Arundinetum.
- c) fast reines, gut erhaltenes Hypnetum.
- d) Thon und Kies.

Wie ich mich an den zahlreichen Uferabsätzen und dem an Gebüsch hängenden Detritus überzeugen konnte, erreicht die Sihl bei Hochwasser die Oberfläche des Hochmoores bis auf ca. 0,4—0,5 m, d. h. sie bewässert dann eben noch die oberen Schichten des Rasenmoors, erreicht aber das ca. 0,3 m mächtige Hochmoor nicht mehr.

Nicht minder interessant sind die Verhältnisse jenseits der Sihl, gegenüber dem „todten Meer“, im sog. „Bruderhöfli“ (Bühl d. Karte). 2,5—3 m mächtige Rasenmoore mit *Abies excelsa*. Neben *Crocus vernus* und kleinen Gruppen *Phragmites* *Versuche zur Hochmoorbildung*, indem niedere Hügelchen von 1—2 m Durchmesser mit den charakteristischen Hochmoorpflanzen sich gebildet haben; drei Exemplare von ca. 6 m hohen *Pinus montana uncinata*.

11. „Chüngemoos“ am „Armbühl“, etwas östlich von Einsiedeln, ca. 920 m ü. M.

a) 2,5 m Hochmoor: Sphagneto-Eriophoretum.

b) ca. 0,5 m Rasenmoor, besten Torf liefernd.

α) 0,4 m Cariceto-Hypnetum.

β) 0,05—0,1 m gut erhaltenes Hypnetum.

(Hyp. trifarium W. et M.)

12 und 13. Die Torfmoore im Hochthale von Rothenthurm, Ct. Schwyz, ca. 900 m ü. M. Von den zahlreichen hier geprüften Profilen mögen noch zwei angeführt werden:

„Aeussere Altmatt.“

a) 1,25 m *ächt*es Hochmoor: Eriophoreto-Sphagnetum.

b) 0,8 m Rasenmoor:

α) 0,5 m fast reines Caricetum, ohne Hypneen.

β) 1,25 m oben Caricetum, wird nach und nach Cariceto-Hypnetum und auf dem Glacialschutt

γ) ca. 0,05 m fast reines Hypnetum (Hyp. trifar.). 0,4—0,5 m über dem Untergrund ist eine Birkenschicht.

„Innere Altmatt.“

a) 1,5 m Hochmoor mit *Sphag. cymbifol.* (u. *acutifol.*), *Erioph. vag.*, dessen Radicellen den dünn-schichtigen Torf senkrecht durchsetzen und gleichsam zusammennähen und dessen Rasenstöcke als grobe „Filze“ — hier und in Einsiedeln allgemein „Lindbast“ genannt — herausschauen.

Die Oberfläche ist von der typischen Hochmoorflora besetzt, von der die verbreitete Sumpfföhre diesem Hochthal den bekannten arktisch-düsteren Charakter ertheilt.

b) 2,5 m Rasenmoor:

α) 1,0 m hellbrauner schwammiger Filz, „schlechtester Stoff“, fast reines Caricetum.

- β) 1,25 m kompakter, sehr guter Torf, ein Hypneto-Cariceto-Arundinetum (Hyp. scorpioides wie in Gonten).
 γ) 0,1—0,25 m fast reines Hypnetum, gebildet aus Hyp. trifar. und scorpioides, wird als „sehr schlechter Stoff“ unter den Abraum geworfen.

Die Torfmoore von Rothenthurm sind recht geeignet, die eben durch Profile erläuterten Verhältnisse rasch zu überblicken. Von der Landstrasse aus beobachtet man deutlich die flachen, einem Gerstenbrot gleichenden und mit düsteren Sumpfföhren bewachsenen Wölbungen der Hochmoore, die durch mehr oder weniger breite Streifen Rasenmoor getrennt werden, in welche die Quellbäche der Biber ihr Bett gegraben, oder die der Mensch zur Anlage von Fahrwegen benützt hat. Der Rand dieser Hochmoore sowie unregelmässig vertheilte Schuttwälle sind mit jungen Fichtenwäldern geschmückt, die Nachkommen eines üppigen Waldes, von dem nur noch die 0,8—1 m dicken Wurzelstöcke Zeugniss ablegen und mit dem überhaupt die Bestockung hier ihren Anfang genommen haben wird.

14. Obbürgen, prachtvolle Eocenmulde innerhalb des Bürgenstocks, Ct. Unterwalden, 750 m ü. M., im Norden und Süden von cretacischen Gebilden flankirt. Gegen Westen ist dieses Längenthal durch eine grosse Moräne abgeschlossen, in welcher ansehnliche Stücke von Gneissgranit der Gotthardgruppe vorkommen; in der Längsaxe der Mulde, unter dem Moor durchziehend, stehen saigere Flyschschiefer an, daneben dunkle Pectinitenschiefer und Nummulitenkalk. Untergrund kalkig-thonig.

Die Torfbildung begann mit einem *Rasenmoor* und zwar einem Hypneto-Caricetum. Schon Kaufmann²⁰⁾, der zuerst dieses Moor beschrieben, betont das häufige Vorkommen der „Moosblättchen“ und den Mangel an Sphagneen in der unteren Torfschicht. Wahrscheinlich ging dann dieses in ein ziemlich reines Caricetum über, auf dem schliesslich das Hochmoor entstand, das — weil total mit Wald bewachsen — erst 1863 entdeckt worden ist. (Mitte 4,5 m über dem Rand). Ich fand das Moor sehr stark abgebaut, von dem Wald noch *Pinus montana uncinata*, *Abies excelsa*, *Betula* etc. und die Hochmoorpflanzen im Westen, Süden und Osten; namentlich am feuchten Südrande viel *Alnus incana*.

Die Hochmoore von *La Brévine*, 1050 m, und *Les Ponts de Martel*, 1000 m, im schweizerischen Jura, sind ebenfalls aus Rasenmoor hervorgegangen.

Ueber dem bläulichen Glacialthon in *Brévine* mit wohl erhaltenen Enden von Cyperaceenradicellen ruht ein schwerer, schwarzer, sehr guter Torf eines Cariceto-Arundinetums mit ziemlich vielen Resten krautartiger Gewächse. Derselbe wird nach und nach ein mehr

filziger zu 90 % aus Radicellen bestehender Torf, welcher allmählig in Hochmoor übergeht (manchmal fehlend), ein Sphagneto-Eriophoretum, mit viel Chitinresten, das den schlechtesten Brennstoff liefert („tourbe supérieure racineuse et ordinaire“).

Dieselben Verhältnisse in *Les Ponts*.

So wären nun 48 Hochmoore aus den Alpen bekannt, welche aus Rasenmooren hervorgegangen sind: 1 in Oberösterreich, 1 in Steiermark, 31 in Salzburg, 1 bei Berchtesgaden und 14 aus der Ost- und Centralschweiz. Ihre Zahl liesse sich sehr wahrscheinlich leicht vermehren; die meisten derselben liegen in Thälern des älteren und mittleren Tertiär, wenige innerhalb der Kreidekämme.

Dazu kommen je ein Beispiel aus *Ungarn* (Grenze von Siebenbürgen) und *Böhmen* und zwei aus dem *schweizerischen Jura*.

Die Betrachtung der geologischen Karte von *Holland** lehrt schon, dass in einzelnen Provinzen wie Drenthe, Friesland, Groningen, Rasenmoor in Hochmoor übergehen muss, dass somit die letzteren da und dort auf den ersteren ruhen. Herr Prof. *van Bemmelen* bestätigt dies für das Hochmoor zwischen Meppel und dem Bischofsberg (Drenthe) und ist es wahrscheinlich, dass das Wiesenmoor in Groningen zwischen Finsterwalde, Beerta und Winschoten von Hochmoor bedeckt gewesen, das nun abgetragen worden ist. Nach *Staring* (l. c.) besteht in Giethoorn (Oberyssel) die Ueberlieferung, dass jene Häuser, die dort auf höheren Grundstücken gebaut sind, Oberflächenpunkte der ehemaligen, nun ausgebeuteten, Hochmoore bezeichnen.

Im Uebrigen lehren die holländischen Moore an den Maas- und Rheinarmen in Uebereinstimmung mit den Torfbildungen der Gott-hardseen etc., dass die Bildung der Rasenmoore durchaus nicht an kalkreiches Wasser gebunden ist.

Es enthält nämlich nach Analysen von Dr. *Gunning* vom Jahr 1852 das Wasser des Rheins bei Arnhem (a) und der Maas bei Grave (b) in einer Million Gewichtstheilen:

	a	b
Ca O, an CO ² gebunden	49	34,5
Uebrige Ca O	8	3,2
Mg O	8,6	3,7
K ₂ O	5	10,4
Na ₂ O	10,8	12,5
SO ₃	16,3	8,3
Cl ₂	11	14,

welche Zahlen ich wieder der Freundlichkeit des Herrn Prof. *van Bemmelen* zu verdanken habe.

* Atlas van Nederland door W. Posthumus en Dr. van Bemmelen, tweede Druk. Amsterd. 1881.

Lorenz (l. c.) kommt durch seine Beobachtungen zu dem Schlusse, dass „die entschiedene Hochmoorvegetation stets nur auf einem Substrate von Vegetationsresten und zwar in der Regel nur auf Torfboden auftrete“ (pag. 35), dass dieses aus „kaum zollhohen Schichten von Haide- oder Rasenvegetation bestehen kann (pag. 46) und dass die Natur des Untergrundes als solcher keinen ursächlichen Einfluss auf die Vegetationsdecke hat. Es nennt daher dieser Forscher die Hochmoore „torfstete Moore“.

Pokorny, welcher Gelegenheit hatte, auf diesem Gebiete reiche Erfahrungen zu sammeln, spricht sich über diese Frage folgendermassen aus: „Die Hochmoore siedeln sich nur auf organischer Unterlage, auf Holzmoor, Haidemoor oder auf Flachmoor an und bedürfen zu ihrer Speisung weiches Wasser“ (Untersuchungen über die Torfmoore Ungarns pag. 3). Ich selbst habe noch nie Torfmoose allein direkt auf anorganischem Untergrund gesehen. Diese Anschauung theilt auch *Wiegmann*²¹⁾ (pag. 5). Weiter oben habe ich ferner betont, dass selbst bei vorherrschend thonigem Untergrunde, der in der bayerischen Hochebene und den Voralpen hauptsächlich oder ausschliesslich aus dem Erraticum gebildet wird, genügend Kalk vorhanden ist, um für allfällige direkte Sphagnum-Colonien tödtliches Wasser zu liefern. *Sendtner* hat wie *Lorenz* und viele Andere auf dem Untergrunde häufig Coniferenstämme gefunden. *Lorenz* dachte sich dieselben 1853²²⁾ noch herbeigeschwemmt, wofür er von *Sendtner* ziemlich scharf kritisirt wird. In der That sind diese Holzstämme auch nach meinen Beobachtungen an Ort und Stelle gewachsen, dass sie aber *Pinus montana* angehören müssen, um in den Bau einer Theorie zu passen, ist eben so tadelnswerth als nicht für alle Fälle nachweisbar. Gleichviel aber, ob *Pinus montana* oder *Abies excelsa* zuerst aufgetreten, als grosse schattenliefernde und Feuchtigkeit zurückhaltende Bäume können sie nicht plötzlich aufgetreten sein und haben somit jedenfalls als solche und durch sich eine Sphagnumvegetation nicht begründen können, ganz abgesehen von der Natur des herbeigeflossenen Wassers.

Früher haben viele Forscher als erste Veranlassung der Torfbildung die Wälder betrachtet, so *Dau*, *Arends*, *Andersen*, *Brown*, *Bühler* und *Lasius* (*Sendtner* l. c. p. 661). Es gibt Vermoderungen von Wäldern. Ich selbst kenne ächten Waldtorf in der Nähe von noch jetzt vorhandener Fichtenwaldung und Hochmoor. *Sendtner* selbst sagt: „Indem mangelnde Durchforstung in den Urwäldern Moder anhäuft, bildet sich aus diesem Moor. Im bayerischen Walde sind solche Waldmoore keine Seltenheit.“ *Blytt*²³⁾ hat als Grundlage der aufeinanderfolgenden Sphagneto-Eriophoreta eine Baumschicht nachgewiesen. Warum sollte es denn nicht möglich sein, dass zuerst eine

Vegetation von Riedgräsern und Laubmoosen nebst Nadelhölzern die glacialen Ablagerungen besetzt und so eine Humusdecke geliefert hat, auf der sich dann die Sphagneen ansiedeln konnten? In Wirklichkeit sind — wie oben angeführt — solche Moorbildungen als Basis der Hochmoore beobachtet worden. Sollten sie nicht viel häufiger und wegen ihrer geringen Mächtigkeit übersehen worden sein? Den Einwand, es seien die Sphagneen in tieferen Schichten abwesend, weil sie eben zersetzt seien, werde ich weiter unten zurückweisen. Wahrscheinlich beginnt die Moorbildung gewöhnlich mit einer Rasenmoorvegetation. Dafür sprechen meine Beobachtungen, welche zudem lehren, dass es in der Aufeinanderfolge von Rasenmoor und Hochmoor Extreme gibt, als:

- a) Fälle, wo das Rasenmoor sehr schwach, das Hochmoor sehr stark entwickelt ist (z. B. Schwantenau).
- b) Fälle, wo das Rasenmoor sehr mächtig entwickelt und das Hochmoor nur eine dünne Decke bildet („Todtes Meer“, Altmatt).

Hieraus erklärt sich leicht, warum in solchen Gegenden, wo Modus a) vorherrscht, dünne Rasenmoortorfschichten leicht übersehen und das ganze Moor als direkt auf dem Untergrund entstandenes Hochmoor aufgefasst wurden.

d. Sind die Süßwasseralgen als Torfbildner zu betrachten?

Dass verschiedene Gattungen der Protophyten, Zygosporéen und Oosporéen in Tümpeln, Gräben, Torfstichen leben, gallertartige Kugeln und kleine schwimmende Decken bilden oder den Grund der stehenden Gewässer überziehen, ist bekannt. *Wiegman* (l. c.) zählt die Ulven und Conferven zu den moorbildenden Pflanzen. Nach *Lesquereux* redet *Crome* von eigentlichen Algendépôts. Er selbst schreibt: „Il ne m'a jamais été possible d'observer dans les nombreux marais que j'ai visités la moindre trace bien évidante d'un dépôt confervoïde.“ Die in Sümpfen lebenden Algen werden nach meinen Beobachtungen nicht etwa rasch zerstört, wie man a priori anzunehmen geneigt sein könnte. Man wird ihnen da und dort in (frischen) Torfproben begegnen. Allein sie treten nie in solchen Massen auf, dass sie für sich allein moorbildend wirken könnten. Ich muss hier bemerken, dass man übrigens aus den in einer Probe noch erkennbaren Pflanzenresten nicht direkt den Schluss ziehen darf, es seien nun die betreffenden Gewächse die wirklichen Constituenten. Vielmehr hat man sich zu befeissen, die zahlreichen krümeligen Reste in ihren mannigfaltigen Formen durch Uebergangsglieder bis zu noch erkennbaren Theilen zu prüfen, da eben oft gerade die wichtigsten Constituenten bedeutend vertorft und mehr oder weniger unkenntlich geworden sind. Erst das Verhältniss zwischen zerstörten und noch gut erhaltenen, von den vorigen verschiedenen Pflanzentheilen ist dann für die Reihen-

folge der Constituenten massgebend. Die Algen erscheinen nun in der Regel als seltenere und accessorische Bestandtheile des Torfes. Indessen sind mir einige Fälle bekannt, wo sie einen wesentlichen Antheil an der Torfbildung genommen haben:

1. Torf von Güstrow, Mecklenburg-Schwerin, den ich der Freundlichkeit des Herrn Prof. Dr. *Geinitz* in Rostock verdanke; er bildet die unterste Schicht eines wahrscheinlich auf Glacialthon ruhenden Moores und ist „frisch nur wie weiches Holz“. Getrocknet bildet er eine braune, harte, homogene, auf Schnittflächen Fettglanz zeigende, aufblätternde Masse, daher von *Geinitz* „Torfschiefer“ genannt. Pulver graubraun, mit Salzsäure erwärmt Spuren von Schwefelwasserstoff. V. d. L. hell und anhaltend leuchtend, bis auf ein kleines Volumen zusammen sinternd und Eisenschlacke zurücklassend. Zur mikroskopischen Untersuchung wurden Proben während 24 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur mit sehr verdünnter (2 %) Kalilauge aufgeweicht. Der Torf besteht zum grössten Theil aus gut kenntlichen Chroococcaceen, namentlich zahlreichen erhaltenen Colonieen von *Glæocapsa* und *Microcystis* und ist von wenigen Radicellen, einigen Zellresten von krautartigen Pflanzen, Pollenkörnern von Coniferen und *Corylus* begleitet und durch Chitinreste verunreinigt. Dieser Torf muss jedenfalls ein bedeutendes Schwindmass zeigen und darum beim Austrocknen so hart werden. Durch längeres Liegen in Wasser *schwillt er erheblich an und wird elastisch*.

2. Sogenannter „Lebertorf“ aus der Provinz Preussen, auf dem Grund der dortigen Seen, zum Theil als Basis von Rasen- (Purpesselen) oder Hochmooren (Sabadzuhnen bei Gumbinnen), eine leberbis gallertartige Masse.

a) *Lebertorf von Jakobau bei Belschwitz*, Kreis Rosenberg, Westpreussen; seit October 1873 von Hrn. Prof. *Caspary* in Königsberg in Wasser aufbewahrt. Nebst unbestimmbaren Resten von Krautpflanzen, Hypneen und einigen Sphagnumblattresten, Pollenkörnern von *Pinus* und *Corylus* wird der Torf *hauptsächlich von Algen gebildet* und zwar von deutlich erkennbaren Chroococcaceen (*Microcystis*, *Aphanocapsa* oder *Aphanothece*), Hydrodictyeen (*Pediastrum Boryanum* var. *granulatum*) und ganz besonders von Diatomeen, z. B. den Gattungen *Pinnularia*, *Amphora*, *Cymbella*, *Epithemia* etc. *Caspary* theilt mir mit, dass er über 60 Pflanzenspezies darin gefunden habe.

Ein weiteres Glied dieser Reihe ist ein *Diatomeentorf*, mit dem mich Herr Museumsdirektor *Wiepken* in Oldenburg bekannt zu machen die Güte hatte. Er bildet die oberste Schicht im Hahnenmoor, Amt Lönigen, Oldenburg. Feucht graubraun, fein geschichtet; trocken hellgrau, abfärbend, besteht aus mindestens 90 % Diatomeen, von

denen Pinnularien und Himantidien (*Him. pectinale* Ktz., *polyodon* Ehr.) vorherrschen; sie sind total macerirt, als ob sie geglüht worden wären und mit Hypnumblättern, Cyperaceenresten, Theilen von krautartigen Gefässpflanzen, wenig Sphagnumblättern und relativ viel Chitin gemischt. Er brennt schlecht, entwickelt kaum eine Flamme und hinterlässt eine schneeweisse Diatomeenasche.

Es bildet somit diese Substanz das Endglied einer Reihe brennbarer Erden und verknüpft die Torfe mit jenen schlammigen Absätzen, die heute noch den Boden der Ostseehäfen erhöhen oder als „Kieselguhr“ im fossilen Zustande gefunden werden.

- b) *Lebertorf von Doliewen bei Oletzko, Ostpreussen.* Eine von dem Geologen Dr. *Jentzsch* in Königsberg gütigst erhaltene Probe gleicht in Farbe, Dichtigkeit und Härte ganz dem „Torfschiefer“ von Güstrow. Doch ist dieser Torf mehr kompakt als schiefbrig. Er soll sich beim Trocknen auf $\frac{1}{11}$ seines Volumens verdichtet haben. Mit erwärmtem Wasser aufgeweicht, erkenne ich nebst unbestimmbaren Resten von Gefässpflanzen, Pollenkörnern von *Pinus* und *Corylus*, als Hauptbestandtheil grosse, verleimte und sehr gut erkennbare Colonieen von *Microcystis*.
- c) *Lebertorf von Purpesselen bei Gumbinnen, nach Caspary typischer Lebertorf*²⁴⁾, frisch „fast gleichmässig graubraun, dicht und gleichartig, sehr elastisch, ohne Spur von blätterigem Gefüge, mit grob muscheligem Bruche und thierischer Leber ziemlich ähnlich.“ Herr Dr. *Jentzsch* hat mir auch von diesem Fundort ein grosses getrocknetes Muster überlassen. Es ist papierartig aufgeblätterter, brauner, harter Torf, im Uebrigen ganz wie b) und erweist sich unter dem Mikroskop von derselben Zusammensetzung.

Diese Lebertorfe sind mehr oder weniger mit Chitinresten vermischt, welche hauptsächlich kleinen Süsswassercrustern angehören; b) und c) brennen mit anhaltender Flamme und hinterlassen ziemlich viel eisenhaltige Asche.

Nach *Caspary*, dem gründlichen Kenner der ostpreussischen Seen, gibt es wohl keinen vertorften See, auf dessen Boden nicht Lebertorf ist. Er beobachtete denselben ein Mal in einer Mächtigkeit von ca. 9 m! — Offenbar ist der „Torfschiefer“ von Güstrow auch ein Lebertorf.

3. *Lebertorf von Niederwyl (Thurgau)*, der bekannten Pfahlbaustation. Profil:

0,1—0,2 m Moorerde.

0,3 m Lehm und Schlamm mit Resten von Erle?

1 m Lebertorf.

Seekreide.

Herr Prof. *Grubenmann* in Frauenfeld hatte die Güte, mich mit frischem Material zu versehen. Dasselbe ist graubraun, fein geschichtet und *elastisch*, daher wohl von Dr. *Schröter*²⁵⁾ für Dopplerit gehalten. Unter bedeutender Volumenverminderung trocknet die aschenreiche Substanz zu einem braunen, harten Torf ($H. = 3-3,5$) ein, welcher wegen des hohen Aschengehaltes sehr schlecht brennt (als Brennstoff = Halbtorf nach *Lorenz*). Ich erkannte nebst Ueberresten von krautartigen Gefäßpflanzen, Epidermis von Cyperaceen, Pollenkörnern von Coniferen, *Corylus*, zahlreichen Chitinresten und Mineralsplittern als *Hauptkonstituenten Algen*. Sie zeigen sich als $\frac{1}{250}-\frac{1}{300}$ mm breite, blasse, selten septirte, leptothrixartige Fäden, die filzartig miteinander verschlungen in eine gallertartige Masse eingebettet sind. Das Ganze wird mit frischem Jodalkohol braun gefärbt. Diese Fäden gehören offenbar Oscillarien an. Accessorisch zeigen sich Glæothece und Ketten von Hyalothece!

Grubenmann will dieselbe Torfart am Schnabelberg bei Einsiedeln, 1,3 m mächtig, gefunden haben. Die Lebertorfe Nr. 1—3 sind in ruhigem Wasser oder auf feuchter Erde durch fortwährende Absätze von Algenkolonien entstanden, daher innerlich fein geschichtet und trocken gewöhnlich aufblättern. Die Algen gehören Gattungen an, welche Gallerthüllen absondern. Hieraus erklären sich leicht zwei Eigenthümlichkeiten dieses Torfes.

- a) Er hat ein bedeutendes Schwindmass, wird trocken zähe, nicht spröde, bricht also im Mörser nicht leicht, sondern wird eher gequetscht und zeigt auf der Schnitt- oder Reibfläche Fettglanz.
- b) Da die erhaltene Gallerthülle* ein bedeutendes Quellungsvermögen besitzt, so ist der frische Lebertorf *elastisch*, nimmt aber getrocknet eine hornartige Beschaffenheit an wie ausgetrocknete Nostoc-Colonien. In Wasser gelegt, erlangt er bald wieder sein ursprüngliches Volumen und wird wieder *gallertartig und elastisch*, was an dem eigentlichen, gewöhnlichen Torf nie zu beobachten ist.

Ergebnisse:

- 1) *Marine Torfbildungen sind nicht bekannt.*
- 2) *Das Auftreten von Sphagnum in Massenvegetation bedingt die gewöhnliche Hochmoorbildung.*
- 3) *Dasselbe ist aber nicht, wie Sendtner lehrt, an die chemische oder mineralogische Beschaffenheit des Untergrundes direkt gebunden, sondern vielmehr an die Natur des befeuchtenden Wassers, in der Weise, dass hartes Wasser kein Sphagnum aufkommen lässt.*

* Durch längere Behandlung des frischen Lebertorfes von Jakobau mit aqua dest. bei + 150 C. konnte ich keinen Pflanzenschleim abscheiden.

- 4) *Viele Hochmoore in Ungarn, Böhmen, den Ost- und Centralalpen, Jura, Ostpreussen, Holland, ruhen auf mehr oder weniger entwickelten Rasenmooren.*
- 5) *Sehr wahrscheinlich haben die meisten Hochmoore eine Rasenmoorbildung als Ausgangspunkt, so dass die Moore dann primär allgemein Rasenmoore sind und erst durch Aenderung der chemischen Beschaffenheit des zufließenden Wassers, sekundär, in Hochmoore übergehen können (nicht müssen — pag. 18 und Lorenz, Salzburger Moore pag. 34).*
- 6) *Es gibt einen eigentlichen Algentorf, gebildet aus niedern, eine Gallerthülle absondernden Formen. Das ist der einzige gallertartige und — nach dem Trocknen — mit Wasser wieder die frühere Beschaffenheit annehmende Torf.*



II.

Zur Kenntniss des Vertorfungsprozesses.

Die Art und Weise, wie aus den Pflanzen Torf gebildet wird, ist bereits von zahlreichen Forschern beschrieben worden und haben sich nicht bald über einen Gegenstand so viele verschiedene Ansichten geltend gemacht. Das Objekt ist schwierig zu befragen und eine exakte Erkennung der Vorgänge in qualitativer und quantitativer Richtung desshalb jetzt noch eine unvollständige, weil gerade die Chemie der Torfsubstanzen fast noch eine terra incognita ist. Um die Entwicklungsgeschichte eines Dinges genau verfolgen zu können, ist aber vor Allem die sichere Bekanntschaft von ausgebildeten Theilen desselben nöthig. *Wiegmann*, dessen preisgekrönte Arbeit jetzt noch schätzenswerth ist, versuchte durch chemische Analysen von Torfpflanzen, jüngerem und älterem Torf, eine Lösung der Aufgabe. Er bedauert bereits, dass „ältere Chemiker nur auf trockenem Wege den Torf zerlegten“. Dessenungeachtet glaubte *Websky* (l. c.) in exakten Aschenanalysen den Schlüssel gefunden zu haben. Wer das Heer von Torfanalysen überschaut, muss aber gestehen, dass sie als solche nur wenig zum Verständniss des Vertorfungsprozesses beitragen. *Lesquereux* hat in mancher Beziehung sehr schätzenswerthe Beob-

achtungen geliefert. Ganz verfehlt betrachte ich aber mit diesem Forscher die von *Wiegmann* angestellten *Versuche der künstlichen Torfbildung*, hauptsächlich darin bestehend, in einer Grube Torfpflanzen mit Mineralstoffen zu mischen, mit Wasser zu begiessen und während längerer Zeit ($1\frac{1}{2}$ —1 Jahr) mittelst eines belasteten Deckels zu pressen. *Senft* (l. c.) legt diesen Versuchen nicht nur eine hohe Bedeutung bei, sondern will selbst per Experiment den „Zersetzungsprozess der Pflanzen“ unter Wasser und den „Auslaugungsprozess“ beobachten. Er bedient sich einer Kohlpflanze (!), die in einem Gefäss unter Wasser gesetzt und später luftdicht abgeschlossen wird. „Nach Ablauf eines halben Jahres soll die Pflanze in eine braune erdige Substanz (Humus) umgewandelt erscheinen.“ Wie unglücklich die Wahl des Objektes war, brauche ich nicht zu betonen. Um aber eine Vorstellung über den Werth solcher Experimente zu gewinnen, habe ich folgenden Versuch angestellt:

Den 6. November 1882 brachte ich in zwei hohe Glasylinder I und II folgende Pflanzen, die ich aus Tümpeln eines Hochmoores mit *Torfwasser* gefasst.

In Nr. I: Ein breiartiges nicht filtrirbares Gemisch von oberen Theilen des *Sphag. cuspidatum* Ehrh. mit anhängenden Desmidiaceen (*Hyalotheca*, *Cosmarium*, *Penium*, *Tetmemorus*, *Staurostrum*, *Closterium*), *Glœocapsa*, *Tetraspora* und Ruhesporen von Algen. Das *Sphagnum* hatte meistens prächtig angefüllte Chlorophyllzellen und die Algen waren sehr hübsch, frisch, mit den charakteristischen Chlorophyllgruppen; die Ruhesporen zeigten einen röthlichbraunen, körnigen Inhalt.

In Nr. II: grüne obere Theile desselben Torfmooses mit einigen Resten von *Erioph. vaginatum*. Ein Theil wurde zuerst fest hineingepresst, ein anderer lose hinzugeschüttet.

Beide Cylinder wurden auf eine Höhe von 20 cm mit Wasser gefüllt, mit einer 1,5 cm hohen Oelschicht bedeckt, bei einer mittleren Temperatur von $+10^0$ C. stehen gelassen, jeden Monat controlirt und nach einem halben Jahre, den 6. Mai 1883, geöffnet. Befund:

Nr. I: Das Gemisch hat sich in den aufeinanderfolgenden Monaten nach folgenden Höhenzahlen (von dem untern Rande der Oelschicht an gerechnet) concentrirt: 3 cm, 11, 13, 13,5, 14 cm. Es ist gallertartig-flüssig, hellbraun, einem dünnen Pflaumenmus gleichend; darüber steht eine graue, kaum durchscheinende Flüssigkeit. Oel an der Berührungsgrenze mit derselben weisslich-schleimig zersetzt durch blasse Schizomyceten in Micrococcen-, Bakterien- und *Leptothrix*form. Geruch kaum faulig. Die Ruhesporen sind nun mit einem homogenen, gelben, öligen Inhalt versehen und bei den Des-

mediaceen kann man die theilweise Verwandlung der Chlorophyllmassen in zuerst gelblich braune, öartige, hierauf ganz pellucide, das Licht stark brechende Fettkügelchen durch alle Stadien verfolgen. Die Sphagnumblätter *sind ganz gut erhalten*, durchaus nicht macerirt. Membranen glashell; dagegen ist das Chlorophyll in gelbbraune oder blasse Kügelchen verwandelt. Keine Spur von Ulmin- oder Humustheilchen. — Aether extrahirt etwas Fett und grünen Farbstoff.

Nr. II: Aeusserlich ist keine Veränderung zu konstatiren. Die Sphagnumzellen sind sehr gut erhalten, namentlich in der gepressten Partie (vgl. Methoden zur Darstellung von Grünfutter). Chlorophyll zum Theil in gelbe bis blasse Körner verwandelt. In den Cyperaceenresten kaum eine Veränderung. Geruch wie Teichschlamm. Flüssigkeit deutlich durchscheinend; untere Oelfläche durch Schizomyceten zersetzt.

Von der Bildung irgend einer für den Torf charakteristischen Substanz ist somit in diesen den natürlichen Verhältnissen wenigstens qualitativ ziemlich angepassten Versuchen nichts zu beobachten.

Senft hat den Torf auf nassem Wege geprüft und die Methode der Torfuntersuchung namentlich dadurch gefördert, dass er zahlreiche bezügliche Beobachtungen in der Natur sammelte, sie zu verknüpfen sich bestrebte, dass er insbesondere selbst an Ort und Stelle die Proben sammelte und sie frisch untersuchte, durch die Erfahrung geleitet, dass eben diese Substanzen durch Eintrocknen und Aufbewahren oft tief greifende Veränderungen erfahren können. Ich bin durch meine bezüglichen Erfahrungen und das Studium der einschlägigen Literatur zu der Ueberzeugung gekommen, dass wir eine gründlichere Auffassung der Torfsubstanzen haben müssten, wenn die früheren Forscher die Wichtigkeit dieser Umstände erkannt hätten.

Nur kombinierte Angriffe können indessen auf diesem Gebiete allmählig etwelche Fortschritte erzielen: Topographische und geognostische Aufnahmen im Felde, mikroskopische und mikrochemische, physikalische und chemische Untersuchungen im Verein mit zahlreichen andern Faktoren.

Eine wissenschaftliche Erklärung des Vertorfungsprozesses erfordert, dass man denselben von Stufe zu Stufe an den einzelnen Gewebstheilen, an der einzelnen Zelle verfolgen und qualifiziren könne. *Senft* glaubt dies (auf Seite 113—116) thun zu können. Allein bei aller Hochachtung gegen die Arbeiten dieses unermüdlischen Forschers kann ich die bezüglichen Auseinandersetzungen in der detaillirten und scheinbar exakten Form, wie sie dort geboten werden, nicht anerkennen.

Es fehlen uns trotz der Fortschritte der botanischen Mikrochemie zur Zeit die Mittel, auf mikrochemischem Wege die Um-

wandlung exakt zu definiren. Ueberzeugt, dass eben auf diesem Wege das Geheimniss sicher eröffnet werden müsse, habe ich mir viele Mühe gegeben, Reaktionen aufzusuchen, aber vergeblich. Man kann Cellulose, Lignin, Eiweisskörper, Harze, Fette, Stärke etc. mikrochemisch erkennen, man wird durch Uebung die humusartigen Theile von den noch intakt gebliebenen unterscheiden können. Allein welcher Art diese in jedem Falle sind, ist schwierig zu bestimmen, da ich keine differenten Reaktionen auffand. Wir wissen desshalb auch nicht, ob es Mittelglieder zwischen den Stoffen der lebenden Pflanze und den Humuskörpern gibt, was wohl wahrscheinlich ist. Man kann vorläufig in dieser Frage nicht anders weiter kommen als durch zahlreiche mikroskopische und mikrochemische Beobachtungen an frischen Torfen der verschiedensten Herkunft und Zusammensetzung und namentlich durch Zeichnung und Vergleichung typisch erscheinender Zersetzungsformen Erfahrungssätze sammeln, die um so mehr der Wahrheit sich nähern werden, je grösser das Material gewesen, das von einem und demselben Forscher geprüft worden ist.

Gewiss ist der *allgemein* gefasste Satz *Senfts* richtig, dass der Zersetzungsprozess des Pflanzenkörpers von innen nach aussen zuerst mit dem (in der Regel eiweissreichen) Zellinhalte beginnt, hierauf die Membranen und zuletzt allfällig vorhandene Gefässfasern erfasst. Es ist aber wohl noch nie beobachtet worden, dass durch Anschwellung der Gährungsprodukte die Pflanzenoberhaut zerrissen werde, so dass ein Theil dieser Produkte — Schwefelwasserstoff und Kohlensäure — entweichen kann (*Senft* pag. 114). Im Gegentheil habe ich zahlreiche Beobachtungen gemacht von ganz leeren aber vollständigen Zellen und von im Innern ganz erfüllten Zellen, aber mit total erhaltener homogener Membran. Es ist ferner wohl nicht immer richtig, dass die *Entfernung des Zellinhaltes* den ersten Akt der Zersetzung beendige, damit im zweiten Akt „lediglich die Umwandlung des noch übrigen Holzfasergerippes“ erfolge. Meine sorgfältig protokollierten Untersuchungen lehren mich, dass leere und gut erhaltene Pflanzengewebe, mit Humussubstanzen theilweise oder prall erfüllte Zellen mit gut erhaltenen homogenen, ja noch glashellen Wänden in den verschiedensten Tiefen vorkommen können, dass endlich Zellen mit Umwandlung von Inhalt und Membran sehr häufig, ja manchmal vorherrschend angetroffen werden, ja es können alle diese Stadien an einem und demselben Gewebskörper beobachtet werden. Es muss also die Auslaugung durchaus nicht stattfinden und wird — wie ich weiter unten begründen will — oft nicht stattfinden können.

Da ich mir nicht die Aufgabe gestellt, die Vertorfung als solche zu behandeln, vielmehr nur die Produkte dieses Prozesses kennen

zu lernen, die mit dem Dopplerit in direkter Beziehung stehen, so verweise ich auf die ausführlichen Mittheilungen von *Senft* und begnüge mich, im Folgenden solche Punkte, auf die es in dieser Frage wesentlich ankommt, durch meine Untersuchungen zu ergänzen oder zu berichtigen.

1) Die wichtigsten den Torf charakterisirenden Umwandlungsprodukte der Pflanzentheile sind (im Gegensatz zu *Lesquereux*) die *Ulminsäure* und das *Ulmin*, *Huminsäure* und *Humin*, sowie *Salze dieser Säuren*.^{*} Ich dürfte aber nicht behaupten, dass es mir gelungen wäre, unter dem Mikroskop so scharfe optische Differenzen gefunden zu haben, dass diesen ein analytischer Werth beizulegen wäre. Die Dicke und der Wassergehalt des Objektes bedingen Zustände, welche diese Substanzen oft gleichartig erscheinen lassen. Mikrochemisch lassen sich die Säuren von den Salzen und dem Ulmin oder Humin ziemlich scharf erkennen; die *ersteren lösen sich leicht in 5 % KOH*, die *letzteren nur allmähig unter Volumenvergrößerung*; die Salze leichter als Ulmin oder Humin, wie ich aus andern Untersuchungen schliessen darf. — Aus dem Kaliumulmiat oder -humat kann jeweils die Säure mit Salzsäure wieder abgeschieden werden. Ich will jetzt schon bemerken, dass die Entstehung der Ulminsäure und der Ulmiate für den Vertorfungsprozess in erster Linie eigenthümlich ist.

Nach der fleissigen Zusammenstellung von *Wiegmann* (l. c.) muss die Ulminsäure (und Huminsäure) schon 1786 von *Achard* aus dem Torfe ausgefällt worden sein, 1804 durch *Einhof*, 1821 durch *Bergsma*, 1822 von *Wiegmann*; nach *Lesquereux* hat *Sprengel* zum ersten Mal den Ausdruck Ulminsäure gebraucht. *Wiegmann* findet, „dass diese Substanz mit dem von *Klaproth* und *Braconnet* beschriebenen Ulmin identisch sei.“ Bekanntlich gebührt *Mulder* das Verdienst, obige Materien zuerst scharf unterschieden zu haben. Aber zwei sehr kennzeichnende Eigenschaften sind vor diesem Forscher — wenn auch bloß allgemein — erkannt worden:

a) *die Volumenvergrößerung* bei Zusatz von Alkalien. Diese kommt namentlich dem Ulmin und Humin und den betreffenden Salzen der Erdalkalimetalle zu, während die Säuren allerdings mit diesem Reagens eine Zunahme des Cubikinhaltes wahrnehmen lassen, aber sofort eine lösliche Verbindung liefern. Schon *Einhof* beobachtete, dass Torf bei Behandlung mit Soda aufschwoll: „*die ganze Masse schwoll auf*.“

^{*} Dazu kommen die von *Berzelius* und *Mulder* beschriebenen *Quellsäure* und *Quellsäure* als gewöhnlich in den Torfmooren auftretende Substanzen, welche mit gelber Farbe in Wasser löslich sind, und als Oxydationsprodukte jener beiden Säuren betrachtet werden, den Torf als solchen aber nicht weiter beeinflussen.

- b) Dass diese Materien, einmal getrocknet, sehr schwierig in Wasser löslich sind; schon *Wiegmann* schreibt: „die Humussäure, einmal wirklich getrocknet, ist nur sehr schwer wieder in Wasser auflöslich“ (pag. 17). Diese Eigenschaft ist allen geübten Torfstechern bekannt. Sie wissen, dass ein heftiger Regen die frisch abgelegten Torfziegel auswäscht und mürbe macht, dass hingegen einige Tage warme Witterung eine Rinde erzeugen — *Lorenz* hält sie für einen „Harzbeschlag“ (Flora 1858), welche den Torf zusammenhält und vor Auslaugung schützt.

*Mulder*²⁶⁾, welcher die humusartigen Materien zuerst gründlich studirt hat, lehrt schon, wie gerne Ulmin- und Huminsäure mit Alkalien zu in Wasser löslichen Salzen sich verbinden, dass hingegen die entsprechenden Salze der Erdalkalimetalle und Metalle schwer löslich sind. *Mulder*²⁷⁾ und *Senft* haben ferner gezeigt, wie die ulmin- und huminsauren Alkalien gelöste Kalk-, Magnesia-, Eisen-, Mangansalze, ja selbst Silikate zersetzen und in die bezüglichen unlöslichen oder schwer löslichen Ulmate und Humate verwandeln.* *Wiegmann* fand schon, dass die Humussäuren zum Theil an Metallbasen gebunden seien und *Websky* (l. c.) kam durch seine chemischen Analysen des Torfes zu der Anschauung, dass bei dem Torf, *wo Kalk den Hauptbestandtheil der Asche bildet, sich dieser* — falls er nicht als Gyps vorhanden — *mit einem organischen Bestandtheil des Torfes (Huminsäure) chemisch verbinde.*

Diese Thatsachen erklären:

- a) Die geringe Menge Alkalien, welche von sämtlichen Analytikern in den Torfaschen, gleichviel ob Hochmoor- oder Rasenmoortorf, gefunden wurde.
- b) Die relativ grössere Quantität Alkalisalze, das Vier- bis Fünffache, im Rückstand des eingedampften Torfwassers (*Sendtner* l. c.)
- c) Die allen Torfstechern geläufige Erscheinung, dass die Gesteine des Untergrundes sehr mürbe, ja häufig schneidbar geworden sind in Folge ihrer chemischen Zersetzung durch die eindringenden humussauren Alkalien.

2) *Ulmifikation der einzelnen Pflanzen und Pflanzenstoffe.* Schon *Lesquereux* erkannte, dass sich „les plantes herbacées“ am raschesten zersetzen und täuscht sich *Lorenz*²⁸⁾, wenn er behauptet, eigentliche Wasserpflanzen können nie Torf bilden, da sie verwesen. Wenn aber *Lesquereux* sich dahin auspricht, es seien Reste von *Nymphaea*, *Menyanthes* etc. selbst in den jüngern Schichten nicht mehr zu erkennen, so sprechen eine Unzahl von positiven Fällen dagegen. Es lehrt

* Dass sie aber gar „reine Kieselerde, ohne dass sie früher aufgeschlossen zu werden braucht, gänzlich auflöse“, wie *Lorenz* nachgeschrieben (Programm 1853), wird Niemand ernstlich annehmen.

mich die Untersuchung von 15 frischen aus verschiedenen Tiefen stammenden und in dieser Frage entscheidenden Proben von holländischem Baggertorf von Reeuwik und Gröningen, die ich der Güte der Herren Prof. *van Bemmelen* in Leiden und Direktor Dr. *A. Mayer* in Wageningen verdanke, dass in sämtlichen Tiefen unzweifelhafte, freilich stark macerirte oder ulmifizierte Reste von Wasserpflanzen vorkommen. Im Rasen- und Hochmoortorf wird man da und dort Detritus von saftigen, eiweissreichen Pflanzen finden, wie Orchideen, *Menyanthes*, *Iris*, *Potamogeton*. Gerade er ist es häufig, welcher im gemeinen trockenen Rasentorf oder Hochmoortorf als schwarze Einlagerung, Ader etc. zu erkennen ist.

Dass Diatomeen für sich allein keinen Torf bilden können, ist einleuchtend.

Die *Cellulose* („Pflanzenfaser“ bei *Wiegmann*) *ulmifizirt sehr vollkommen* und um so leichter, je jünger und saftreicher die betreffenden Zellen sind. Das Cambium in den Ueberresten von *Alnus*, *Betula* etc. ist daher in der Regel sehr schön homogen umgewandelt. Ich fand bisweilen Complexe von Prosenchym, bei welchem die homogenen Platten von Ulmin oder Ulmiat die Form der Zellen allerdings noch beibehalten, aber keine Struktur mehr erkennen liessen, dagegen mit 5 % K O H und Zusatz von verdünnter Salzsäure wiederholt Quellung und Schrumpfung zeigten. An der Zellmembran erscheinen zuerst schön gelbbraune Parteen, die mit 5 % K O H ausgewaschen werden können als Ulminsäure oder Ulmiat; die dadurch aufgehellte Zellhaut gibt dann deutliche Zellulosereaktion. Die Phytochemie lehrt, dass es wahrscheinlich Cellulose von verschiedenem Molekulargewicht gibt. Vielleicht liesse sich hieraus erklären, wesshalb in demselben Pflanzenrest die einen Membranen fast homogen ulmifizirt, die andern gar nicht verändert sind. Indessen können die einen Zellhäute nebst Cellulose schon etwas Lignin oder Holzgummi enthalten, wodurch der Prozess verzögert wird. Ligninhaltige Substanzen vertorfen schwierig; man findet daher von Gefässpflanzen in der Regel als letzte Ueberreste die Verdickungsfasern. Dass aber Holzzellen vollkommen in Humussubstanzen übergehen können, habe ich mitunter sehr schön an Ringgefässen von *Betula* und *Alnus* beobachtet, indem hellbraune, homogene, aber den charakteristischen Bau noch deutlich zeigende Zellen mit 5 % K O H und Salzsäure dieselben Erscheinungen zeigten, wie ich sie vorhin vom Cambium beschrieben habe. *Grisebach* (l. c.) hebt die Ulmifikation des Holzkörpers von *Erica Tetralix* und *Calluna vulgaris* hervor.

Ziemlich hartnäckig erscheint das *Zellgewebe der Laubmoose*, der Hypneen. Sie enthalten zwar nach *Treffner*²⁹⁾ kein Lignin, wohl aber 29—49 % (*Ceratodon purpureus* — *Hypnum splendens*) durch

Chlorwasser zerstörbare Substanzen, welche „in naher Beziehung zu den Kohlehydraten stehen“. Ich halte diese aus weiter unten anzugebenden Gründen als nahe verwandt mit der Cellulose. Daneben kommen (für dieselben Species) 11—23 % Zellstoff vor. Versuche, aus Hypneen Ulmin darzustellen, lehren schon, dass sich diese viel schwieriger umwandeln als Zellulose. Dasselbe beobachtet man in Torfmooren. Sie zersetzen sich sehr langsam, liefern dann aber so schöne und reichliche Ulminstoffe, wie ich sie für Torfe mit andern Hauptkonstituenten nie angetroffen habe. Das oben als unterste Rasenmoorschicht der präalpinen Hochmoore beschriebene Hypneto-Cariceto-Arundinetum liefert den besten Torf, den ich zu prüfen Gelegenheit hatte.

Sprengel (*Wiegmann* l. c.) hält die Laubmoose „für sich allein am wenigsten geeignet“ für die Torfbildung, andere Forscher gedenken derselben kaum oder weisen ihnen eine untergeordnete Stellung an. Ich muss darum um so mehr hervorheben, dass die Laubmoose zu den langsamsten aber besten Torfbildnern gehören.

Aus der Beobachtung, dass im Torf hauptsächlich auch Reste von *Phragmites* und der Scheiden von *Eriophorum vag.* (*Equiseten*) gut erhalten sind, Reste von Pflanzentheilen, die *Kieselerde* enthalten, wurde auf die hohe Bedeutung dieser anorganischen Verbindung geschlossen. Leider habe ich keine neueren Aschenanalysen jener Pflanzen einsehen können. *Wiegmann* fand in *Eriophorum vag.* 0,34 % Kieselerde und er zählt mit *Sprengel* die kieselhaltigen Pflanzen zu den schnellsten Torfbildnern, weil die Humussäure mit der Kieselerde keine Verbindung eingeht. Die späteren Forscher betonen umgekehrt die verzögernde Wirkung dieses mineralischen Stoffes, darin bestehend, den Zutritt des Sauerstoffs zu hemmen. Meine Erfahrungen führen mich ebenfalls zu der Annahme, dass der Kieselerdegehalt den Einfluss der ulmifizirenden Agentien, welcher Natur sie auch sein mögen, namentlich der Zeit nach beeinträchtigt. Ich muss indessen bemerken, dass die inneren Zellverbände bei *Phragmites*, *Equisetum* etc. jedenfalls ärmer an Kieselerde sind als die eigentlichen Hautgewebe (s. u.). Diese mit einer Cuticula versehenen Schutzgewebe enthalten zudem Cutose als wesentlichen Bestandtheil, nach *Fremy*³⁰⁾ ausgezeichnet „par sa résistance à l'action des agents chimiques“. Ich habe aber einige Mal Gelegenheit gehabt, entgegen von allen frühern Forschern, Epidermiszellen von *Eriophorum vag.* in einem solchen Stadium der torfigen Umwandlung zu sehen, wo neben einem noch intakt gebliebenen Theil der Membran eine andere Partie derselben Zellhaut gleichsam in eine homogene gelbbraune Humussubstanz zerfloss.

Nicht sehr häufig sind ganz isolirte, homogen umgewandelte Epidermiszellen ohne Spur einer Membran, aber mit Conservirung

der ursprünglichen charakteristischen Zellform (*Fig. 1*). Häufiger beobachtet man in guten Torfen, namentlich in dem Hypneto-Cariceto-Arundinetum der präalpinen Torfmoore, homogene gelbbraune Ulmin- oder Ulmiatplättchen, die aus mehreren Epidermiszellen von *Phragmites* (oder *Eriophorum latifolium*) gebildet sind, wobei die einzelnen Zellen fest mit einander vereinigt sind in der Weise, dass ein solcher Verband durch Druck ganz beliebig bricht, d. h. nicht in der Richtung der Zickzackränder der einzelnen Zellen. Diese sind häufig etwas dunkler und heben sich dann ganz besonders schön ab (*Fig. 2*). Durch successive Behandlung mit 5 % KOH + HCl kann man auch hier per Quellung und Schrumpfung reizende mikroskopische Erscheinungen hervorrufen.

Im Allgemeinen sind sowohl im Rasenmoor- als Hochmoortorf nebst Epidermistheilen als zuletzt erkennbare Reste, also am spätesten vertorfende Theile zu nennen Radicellen und Wurzelhaare von Cyperaceen (und Vaccineen, *Erica* etc.). Daraus darf aber nicht geschlossen werden, dass ihre Zellmembran aus einer Substanz bestehe, die langsamer vertorfe als die bis jetzt erwähnten. Dass sie ebenso gut ulmifizirt wie Cellulose, lehren zahlreiche Stadien. Es erklärt sich dies vielmehr daraus, dass diese Wurzelfasern eben während längerer Zeit (vielen Jahren!) in der betreffenden Torfschicht als Substrat lebten, welche von ihnen mehr oder weniger senkrecht durchbrochen und gleichsam zusammengeknüpft wird, dass sie ferner in einer erstaunlichen Zahl von den betreffenden Gewächsen entwickelt werden, viel grossartiger als sie bei den in Nährlösungen erzogenen Pflanzen zu beobachten sind. Ich verweise auf die lehrreiche Tafel von *Lorenz* in den Verhandlungen der k. k. zoolog.-botanischen Gesellschaft, Wien 1859, T. III.

Was nun die für die Hochmoore so kennzeichnenden *Torfmoose* betrifft, so wurde deren Antheil an der Torfbildung von den früheren Naturforschern wesentlich nach dem Gehalt an Kieselerde bemessen. *Sendtner* (l. c.) spricht geradezu von „Kieselmooren“. *Wiegmann* schreibt: „*Sphagnum palustre* L. (*Sphag. cymbifol.* Ehrh.) steht besonders in dem Rufe, zur Bildung des Torfes viel beizutragen, obgleich der bloß aus demselben erzeugte Torf fast ganz ohne Humussäure ist und sehr schlecht brennt.“ Nach *Senft* „eignen sie sich am wenigsten zur Bildung eines wahren Torfes“ und zwar weil sie theils viel Wasser, das die Moose einsaugen, zurückhalten*, theils „zu viel erstarrte Kieselerde besitzen“, zwei Umstände, die den Einfluss des Sauerstoffs hemmen sollen. *Wiegmann* fand in *Sphag.*

* In neuerer Zeit hat *Géeleznow*³¹⁾ (gegen *Lesquereux*) nachgewiesen, dass die Sphagneen während des Lebens keine Feuchtigkeit aus der Luft anziehen und verdichten, wohl aber begierig aus dem Wasser solche aufsaugen können.

cymbifol. Ehrh. 2,28 % Kieselerde, *Websky* bis 0,47 % lösliche Kieselerde (l. c. *Tab. C*), *Treffner* (l. c.) in *Sphag. cuspidatum* nur Spuren von löslicher Kieselsäure. Dessenungeachtet lehren *Sendtner* und *Kaufmann* (entgegen von *Grisebach*, welcher die ausserordentlich gute Erhaltung desselben betont), dass sich das Torfmoos rasch zersetze, indem man dasselbe in den tieferen Schichten nicht mehr zu erkennen vermöge. *Sendtner* will dasselbe höchstens bis auf eine Tiefe von 1,75 m erhalten gefunden haben. Allein *Lorenz* fand noch Sphagneen bei einer Tiefe von 3,5 m. Dasselbe konstatiere ich für Les Ponts im Kanton Neuenburg. In den Mooren bei Höchenschwand und Willaringen bei Säckingen (Schwarzwald) bestehen nach meinen Untersuchungen die untersten Schichten bei 3,9—4 m aus fast reinem Sphagnetum. *Blytt*³²⁾ hat in über 100 Torfmooren des südwestlichen Norwegens 136 Bohrungen ausgeführt und stets Sphagneen angetroffen und zwar nach einer verdankenswerthen Mittheilung desselben in einem herbariumsfähigen Zustande. Ich fand ferner in den interglacialen Schieferkohlen der Schweiz und Bayerns sehr gut erhaltene Sphagnumblätter mit allen sie kennzeichnenden Eigenthümlichkeiten. Wer sich durch reiche Uebung mit den Macerationsbildern der Sphagneen bekannt gemacht, darf entschieden behaupten, dass es möglich ist, selbst isolirte Zellen oder Zelltheile noch zu erkennen. Es drängt mich in der That auch diese Seite der Torfuntersuchung zur Annahme, dass eben die untersten Schichten der Hochmoore in der Regel Rasenmoore sind, dass sie desshalb keine Sphagneen erkennen lassen und dass ihre Abwesenheit nicht durch gänzliche Vertorfung derselben zu erklären ist. Wie sollten denn von so vielen Millionen von Sphagnumblättchen nicht eben so gut einige Theile zurückbleiben als von Cyperaceen, Phragmites, Radicellen, Hypneen und namentlich dann, wenn man den konservirenden Einfluss der Kieselerde geltend machen will?

Die Sphagneen können wie die früher besprochenen Pflanzen total und homogen vertorfen. Ich habe dies aus Proben der Hochmoore von Degermoos (Bayern), Gonten und Schwantenau bei Einsiedeln deutlich ersehen. Zuerst werden die Fasern der hyalinen Zellen der Blätter oder der Rindenzellen der Aeste (von *Sphag. cymbifol.*) gelöst. Diesen Vorgang beobachtet man auch unter dem Mikroskop bei der künstlichen Ulmification durch concentrirte Schwefelsäure. Es bleibt dann ein Netz von Chlorophyllzellen, die unter einander durch eine kaum sichtbare Membran verbunden sind. Häufig ist dieses Netz zusammengeschrumpft; es erscheint als ein zusammengeschrumpftes Gitter. Ist die Ulmifikation fortgeschritten, so bilden die Hyalinzellen ein sehr dünnes, gelbbraunes und homogenes Häutchen, in welches die Chlorophyllzellen mehr oder weniger vollständig eingebettet

sind, bis schliesslich auch sie mit dem Grunde zu einer homogenen Platte zerfliessen, welche mit 5 % KOH + HCl sehr empfindliche Quellung und Schrumpfung zeigt.

Was die Ulmifikation von besonderen Pflanzenstoffen betrifft, so habe ich hierüber folgende Anschauungen gewonnen:

Harze bleiben intakt. Die Terpene und ätherischen Oele überhaupt, aus denen sie hervorgehen, müssen die Vertorfung verzögern, da sie sehr rasch Sauerstoff an sich ketten. Dies geht schon aus der guten Erhaltung der Pollenkörner von Coniferen und Sporen von Lycopodium hervor. Die Coniferenstämme, die man in den untersten Schichten, oft im besten Torf antrifft, sind wohl weich und enthalten über 90 % Wasser. Aber man kann in deren Gewebe weder physikalisch noch chemisch Ulminsubstanzen erkennen. Dagegen ist bekannt, wie schon im Torf krystallisirte Harze als Fichtelit und Krönleinit gefunden worden sind. Es ist sehr natürlich, dass dem Harzgehalt der Torfe in technischer Beziehung eine grosse Bedeutung beigelegt werden müsste. Namentlich hat *Grisebach* den Harzgehalt von *Calluna vulg.* und *Erica Tetralix*, den beiden Hauptkonstituenten der Emsmoore, hervorgehoben. Indessen fand *Wiegmann* darin „an Wachs, Harz und Chlorophyll“ nur 5,87 %. Ich habe Harze als solche bis jetzt nur in ächtem Walddorf in grösserer Menge zu beobachten Gelegenheit gehabt und sind mir leider keine neueren Analysen zur Verfügung gestanden. Es darf aber nach dem Stande der Pflanzenchemie zum Voraus erwartet werden, dass der Harzgehalt selbst für ein Callunetum jedenfalls kleiner ist als es obige Zahl angibt und darf demselben mehr als eine accessorische Bedeutung nicht beigelegt werden.

Wachsartige Substanzen scheinen zum grössten Theil unverändert zu bleiben. Verschiedene Forscher haben solche aus dem Torf abgeschieden. Die gute Erhaltung von Pollenkörnern der Amentaceen spricht schon für deren Vorkommen. Ich habe mehrere Mal bei der Untersuchung von Hochmoortorf direkte Beweise für ihre Anwesenheit gefunden, die ich hier mittheilen will, da eine entsprechende Beobachtung meines Wissens nicht vorliegt. Präparate von Sphagnetumtorf waren oft ganz voll von pelluciden, scharf kontourirten und das Licht stark brechenden Kügelchen mit einem Durchmesser von $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{500}$ mm, meist homogen oder mit einem noch stärker brechenden Kern versehen. Im Alkoholstrom werden namentlich die grösseren Körner feinkörnig, lösen sich zum Theil, vollständig auf Zusatz von Aether. Konzentrirte Lösung von Kupferacetat lässt sie während 24 Stunden intakt. Aus dem Torf erhält man durch Behandlung mit Alkohol und Aether ein schwach braunes Filtrat, aus dem sich durch Verdunstung jener Flüssigkeiten

ein wachsartiger Körper abscheidet. Jene Kügelchen fanden sich beständig am zahlreichsten in den Chlorophyllzellen der Sphagnumblätter und nachdem ich später wahrgenommen (vide pag. 26), dass an Stelle der Chlorophyllkörner wirklich blasse Fettkörner treten, zweifelte ich nicht mehr, dass jene *pelluciden Körner als direkte Abkömmlinge des Inhaltes der Chlorophyllzellen von Sphagnumblättern zu betrachten sind.*

Im Rasenmoortorf fand ich derartige Bildungen nie, wohl aber als ganze Seltenheit radial krystallinische, rundliche, farblose, stark lichtbrechende Körper von ca. $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{50}$ mm Durchmesser, welche mir leider bei Zusatz von Reagentien stets fortgeschwemmt wurden, die ich aber als Fettkörper oder ein Derivat derselben ansehen möchte.

Dass harz- und wachsartige Substanzen im Torf vorkommen, ist also eine Thatsache und zu begreifen. Da sie aber in sehr untergeordneter Menge verbreitet sind, so darf ihnen kein wesentlicher Einfluss auf die Qualität desselben zugeschrieben werden. Sie sind höchstens äquivalent mit den accessorischen Bestandtheilen eines Minerals.

Die *Gerbstoffe* verwandeln sich ziemlich leicht und vollkommen in Humussubstanzen und zwar in der Regel in homogenes Ulmin (siehe unten). Weil sie an der Luft sehr veränderlich sind, hat man sie als Sauerstoffkonsumenten insbesondere zu den Hemmnissen der Humifikation unter Wasser gerechnet. *Senft* hat versucht, ihre Wirkung durch detaillirte chemische Umsetzungen zu erläutern. Es ist allerdings richtig, dass die dicke Borke von *Betula* im Torf und in der Schieferkohle sehr gut erhalten ist. Sie enthält aber relativ wenig Gerbstoff oder es ist derselbe vor dem Tode der Pflanze zum grössten Theil verändert worden. Die Untersuchung der Zweige von *Betula* und *Alnus* dagegen, welche eine junge Borke, eine saftige Rinde und verhältnissmässig viel Cambium besitzen und in deren Zellumen reichlich Gerbstoff enthalten war, lehrt mich, dass der Gerbstoff in Ulmin verwandelt ist und dass trotz des reichen Gehaltes an dieser Substanz, Borke-, Rinden- und Cambiumzellen sehr homogen ulmifiziren und schon ulmifizirt sein können, während der eigentliche Holzkörper noch wenig verändert ist. Dass die entstandenen Ulminmassen nicht oder selten von gerbstoffhaltiger Stärke, welche namentlich in *Alnus* schön gefunden wird, herrühren, geht daraus hervor, dass diese nur in der Ruhezeit der Pflanze in Rinde und Mark reichlich aufgespeichert ist, während ich das Ulmin konstant in den von mir angegebenen Pflanzentheilen und sowohl im Torf als in der Schieferkohle angetroffen habe.*

* *Guignet* („Année scientifique“ pro 1882, pag. 184 — Paris 1883) will aus frischem Torf der Moore an der Somme nebst Wachs und grünem Farbstoff, „welcher die Eigenschaften des Chlorophylls erhalten hat,“ auch *Glycoside* abgeschieden haben!

Nachdem ich die Ergebnisse meiner Beobachtungen über den Vertorfungsprozess auseinandergesetzt, sei mir gestattet, noch einige Corrigenda beizufügen.

In der reichen Literatur über den Torf begegnet man häufig den Bezeichnungen „Bitumen“, „Torfkohle“, „vegetabilische Kohle“, „kohliger Humus“, „ankohlen“ etc.

a) *Was ist Bitumen?* Niemand hat bis jetzt aus dem Torf eine besondere Materie abgeschieden, welche diesen Namen verdiente. Wenn sie *Senft* mit „holztheerartig oder harzartig“ bezeichnet (l. c. pag. 126), so ist zu bemerken, dass theerartige Stoffe für den Torf unbekannt sind, Harze wirklich vorkommen können und dass deshalb ein besonderer Ausdruck unnöthig ist. Holztheerartige Stoffe ergeben sich aus dem frischen Torf bei blosser Erwärmung nicht, sondern erst bei einer Temperatur, wo er sich zu zersetzen beginnt; sie sind also nicht vorgebildet. Es scheint, dass man sich dieses Sammelnamens seit langem bedient hat, um aus Kohlenstoff und Wasserstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzte Produkte ganz allgemein zu bezeichnen und dass es wohl Zeit ist, denselben fallen zu lassen, da er in der That nur dazu beitragen kann, wirkliche Dinge zu verdunkeln.

b) So ist es auch mit dem Ausdruck „vegetabilische Kohle“ etc. Die betreffenden Autoren verstehen darunter sicher nicht eine eigentliche Kohle. In der That kennt man weder aus dem Torf noch aus der Braunkohle andere Kohle als Holzkohle, die durch einen lokalen Brand aus den Pflanzenresten entstanden, aber nie durch den Vertorfungsprozess gebildet worden ist. Man beobachtet allerdings in manchen Torfen, hauptsächlich in den Rasenmoortorfen, wahrscheinlich allgemein in solchem Torf, der bei einem veränderlichen, intermittierenden Wasserstande sich gebildet, Gewebekomplexe, die unter dem Mikroskop ganz das Aussehen von dünnen Holzkohlensplittern zeigen. Sie gehören meist Cyperaceen und Glumaceen an und haben offenbar zuerst über Wasser, an der Luft („epigäe Theile“ — *Lorenz*) eine rasche, kräftige Umwandlung erlitten durch die Einwirkung des Sauerstoffs. Sie zeigen die angeführte Quellung und Schrumpfung nie; aber sie lösen sich in unterchlorigsaurem Kali ($K O Cl$) leicht und vollständig. (Ziemlich reine Zuckerkohle gab einer Lösung von $K O Cl$ in $5\frac{1}{2}$ Tagen kaum einen weingelben Stich, während käufliche Holzkohle, die unvollständig verkohlt war, dieselbe schon in einigen Stunden braungelb färbte.) Diese schwarzen Pflanzenreste sind keine Kohle, sondern offenbar eine Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (kein Humin!). Möchte also die Bezeichnung „Kohle“ als Bestandtheil des Torfes in Zukunft nie mehr gebraucht werden; es wird dann die Thatsache nicht entstellt, aber den Anforderungen

der Chemie Genüge geleistet und zugleich jene Vorstellung von dem Torfe, die denselben aus „Kohle“ und „Bitumen“ bestehen lässt, endlich verdrängt.

c) *Stickstoff*. Die Torfe zeigen konstant Stickstoff. Derselbe wird in der Regel von dem Stickstoffgehalt der betreffenden Pflanzentheile herrühren, der im Vergleich mit andern Pflanzen nicht über 1 % betragen wird, wahrscheinlich aber durch den der thierischen Einschlüsse vermehrt werden (mit Schwefel!). Diese sind nicht so selten wie *Senft* meint und bisweilen in erheblichen Mengen vorhanden in Hoch- und Rasenmoortorf. Sie bestehen dann hauptsächlich aus Chitinskeletten von Milben, Larven, Mücken etc., Schalen von kleinen Krustern.

d) *Asche*. Ueberschaut man das Heer von Aschenanalysen, von denen eine grosse Zahl bei *Websky* (l. c.) und *Jentzsch*³³⁾ zusammengestellt sind, so muss man bedauern, dass fast immer die nähere qualitative Bezeichnung des Moores fehlt. Ohne diese Berücksichtigung haben aber derartige Untersuchungen nur praktischen, aber keinen wissenschaftlich mineralogischen Werth. *Websky* unterscheidet aschenreiche und aschenarme Torfe; diese Klassifikation ergibt sich sofort aus dem Studium der Analysen und sie verlangt eine Interpretation. Nun ist vorerst darauf aufmerksam zu machen, dass die Aschentheile nicht immer in summa von den konstituierenden Pflanzen herkommen wie ältere Forscher annahmen. Wie wäre es denn möglich, in der Asche von Hochmoortorf bis 17 % Thonerde, bis 35 % Kalk, bis 37 % Eisenoxyd und bis 80 % in Säuren unlösliche Verbindungen nachzuweisen? Die Kieselerde, welche früher als ein bedeutungsvoller Faktor betrachtet wurde, ist oft zum geringsten Theile in den Pflanzen enthalten, wie man sich leicht durch vergleichende mikroskopische Untersuchung der Asche von Equiseten oder Glumaceen und von Torf überzeugen kann. Selbst in einem reinen Sphagnetum werden nach meiner Erfahrung Quarzsplitter, Spaltungsstücke von Glimmer, Amphibol etc., Kaolinkörner u. s. f. nicht fehlen. Neuere Analytiker haben denn auch genau hervorgehoben: „Sand und Thon.“ Man hat also wohl zu unterscheiden zwischen Eigenasche und fremden Beimengungen und wird man zum Voraus verstehen, dass die aschenreichen Torfe Rasenmoortorf, die aschenarmen dagegen Hochmoortorf sind. Die ersteren erhalten die Beimengungen durch das sie benetzende tellurische Wasser und mittelst der Winde, die letzteren ausschliesslich aus Staub. So fallen die topographischen Erwägungen von *Websky* nach Ebene und Gebirge etc. naturgemäss dahin. Richtig bleibt aber die Betonung des Staubes zum Theil von *Grisebach* (l. c. pag. 40), von *Lorenz* (Progr. 1853) und *Websky* und wird man zugeben

müssen, dass die Umrandung eines Moores durch Wald und sandige Hügel von Einfluss sein muss, indem Wald als Filtrum wirken kann. Dasselbe können die Randgebiete der gewaltigen Hochmoore des nordwestlichen Europas bewirken. Selbst Rasenmoore erscheinen oft in den äusseren Zonen aschenreicher. So sind nach *van Bemmelen* die Torfe des Bezirks Reeuwijk in Südholland, welche längs der holländischen Yssel sich gebildet haben, „am schwersten“, leichter, d. h. aschenärmer in einer nördlichen Entfernung von 3 km in demselben Moor.

Da die Rasenmoore vornehmlich unter dem Einfluss von hartem Wasser entstehen, so begreift man, wesshalb in den aschenreichen sogenannten schweren Torfen hauptsächlich Kalkerde und Eisenoxyd vorkommen und zwar stellvertretend in der Weise, dass bei überwiegendem Kalkgehalt das Eisenoxyd zurücktritt und umgekehrt. Nach früherem ist ferner leicht zu verstehen, warum diese Torfe häufig übereinstimmend als „dichte, schwere, schwarze oder dunkle, beste“ Torfe bezeichnet werden „mit spiegelnder“ oder „wachsglänzender Schnittfläche“³⁴⁾. Sie sind eben reich an schwer löslichen Calcium- und Eisenulmiaten oder -humaten, Salze, die sich gegenseitig sehr innig mischen. Die Natur hat sie dadurch noch homogener konstituiert als den *Schlämmtorf*, d. h. einen aus dem gewöhnlichen Torf durch natürliches Schlämmen in Seitenbuchten von Flüssen abgesetzten Torf, welcher nach *Schacht*³⁵⁾ „von Nichtkennern leicht für Steinkohle gehalten werden könnte.“ Wir finden hier die von einem sehr erfahrenen Torftechniker, Dr. *Stiemer*³⁶⁾, ausgedrückte Anschauung bestätigt, dass jede Art Torfmaschine darauf zielen muss, eine innige Mischung, eine Kondensation der Torfsubstanz zu erreichen.

Dass Staub, namentlich wenn er kalkige oder eisenhaltige Verbindungen enthält, für die Vertorfung der Hochmoore vortheilhaft sein muss, ist das natürliche Ergebniss unserer Betrachtung. Fehlen diese oder verwandte Basen, so werden bei der Umwandlung hauptsächlich Ulmin oder Humin entstehen.

3) So wenig man zur Zeit im Stande ist, exakt die stufenweise Zersetzung der Pflanzenstoffe bei der Vertorfung zu verfolgen und zu erklären, so wenig vermag man genau anzugeben, *wodurch der Vertorfungsprozess überhaupt eingeleitet wird*. Dazu wären eingehende chemische und physikalische Untersuchungen des Torfwassers, der aus Torf gepressten Flüssigkeiten, der ausströmenden Gase etc. nothwendig und vor Allem eine bessere Kenntniss von dem gegenseitigen Verhalten der einzelnen Pflanzenstoffe, welche die Phytochemie in den letzten Decennien entdeckt hat, von dem Einfluss der Mineralstoffe, der lebenden Pflanzen, d. h. es sind eine so grosse Zahl von

Fragen zu beantworten, dass die Zeit wohl noch ferne liegt, in welcher wir hierüber Aufklärung erhalten werden, insbesondere deshalb, weil die Torfbildung sich noch nie der Aufmerksamkeit jener Forscher zu erfreuen hatte, welche mit den nöthigen wissenschaftlichen Hilfsmitteln ausgestattet sind. Ich möchte aber im Folgenden doch die verschiedenen Ansichten über das Wesen der Vertorfung sichten, um wenigstens künftigen Forschern einige Anhaltspunkte zu bieten.

Die meisten Beobachter der Torfbildung reden von einer *Gährung* (*Crome, Dau, Wiegmann, Lesquereux, Senft*). Der Akademiker *Fremy* glaubt ebenfalls (1879), die Gewebe der torfbildenden Pflanzen verschwinden „par une fermentation tourbeuse comme le preuve notre confrère *M. van Tieghem*.“ Nach dem heutigen Standpunkt der Wissenschaft hat man zwei Arten stofflicher Veränderungen, die nicht auf chemischem Wege vor sich gehen, zu unterscheiden: die Gährung (und Fäulniss) und die Fermentwirkung.

Die Gährung wird nach *Nägeli*³⁷⁾ nur durch die direkte Einwirkung des Plasmas eines lebenden Pilzes hervorgerufen und ist zudem charakterisirt durch Entwicklung von Kohlensäure und Wärme. Diese eigentliche Gährung versteht *Fremy*, wenn er sich auf *van Tieghem* beruft, indem dieser Forscher gefunden haben will, dass *Bacillus Amylobacter* die bemerkenswerthe Eigenschaft besitzt, „de dissoudre la cellulose et de la faire fermenter avec dégagement de gaz³⁸⁾.“ Indessen hebt *van Tieghem* hervor, dass dies nicht gelte für „les plantes phanérogames aquatiques submergées“, ferner nicht für die Cellulose „des algues, des mousses, des sphaignes, des hépatiques, des lycopodes et des feuilles des fougères tandis que le parenchyme du rhizome des fougères et de la tige des prêles est dissous.“ Mithin muss *Fremy* die Ergebnisse dieses Naturforschers missverstanden haben; da die von demselben als widerstehend bezeichneten Gewächse gerade die wichtigsten Konstituenten des Torfes ausmachen, aber bekanntlich zersetzt werden, so dürfen die Resultate des *van Tieghem* überhaupt nicht auf die Vertorfung angewendet werden und muss geprüft werden, ob überhaupt Schizomyceten die „fermentation tourbeuse“ bewirken und durch welche Species dies eventuell geschieht. Ich habe nun bei der mikroskopischen Untersuchung von Torf nie Bakterien oder verwandte Lebewesen als ulmifizirende Spaltpflanzen wahrgenommen und darf ich aus folgenden Thatsachen schliessen, dass überhaupt dieselben mit der Vertorfung in keiner Beziehung stehen.* Gallertartige Algen in gewöhnlichem Wasser aufbewahrt, zeigen bekanntlich rasch einen fauligen Geruch und

* Vgl. *Senft*, Lehrbuch der Gesteins- und Bodenkunde, Berlin 1877, pag. 322 ff.

zahlreiche Bacterien. Wie wäre es nun möglich, in den von mir beschriebenen Lebertorfen noch genau die Gattungen *Glœocapsa*, *Microcystis*, *Tetraspora*, *Hyalotheca* zu erkennen? Wie könnte *Glœocapsa* die feine charakteristische Schichtung der Hülle noch erkennen lassen, wie *Pediastrum Boryanum* in der var. *granulatum* bestimmbar sein, wie ferner *Scytonema* und *Sirosiphon* im Hochmoor des „Todten Meeres?“

Die *Fermentwirkung* ist wohl in allen Organismen thätig und besteht darin, dass eine durch den Lebensprozess gebildete organische Verbindung selbst in kleiner Menge und ohne unterzugehen, grosse stoffliche Veränderungen hervorruft, ohne Entwicklung von Kohlensäure und mit Verbrauch von Wärme. Durch eine solche wird z. B. die Cellulose des Endosperms von *Phytelephas* und *Phoenix dactylifera* in Glycose verwandelt. Die Fermente sind stickstoffhaltig und gehören vielleicht zu den Eiweisskörpern; sie werden nur von Organismen gebildet, wirken nur bei Gegenwart von Wasser, aber auch auf Körper ein, die von dem Organismus abgetrennt sein können. Sie unterscheiden sich von den Gährungserregern noch dadurch, dass ihre Wirkung bei höherer Temperatur auch durch gewöhnliche chemische Agentien, z. B. verdünnte Säuren, hervorgerufen wird. Da nun die Vertorfung als solche nur im Wasser, bei gewöhnlicher Temperatur, zwischen und unter zahlreichen Radicellen lebender Pflanzen bei durch den eigenen Lebensprozess nicht mehr beeinflussten Pflanzentheilen beobachtet wird, aus solchen aber durch Erwärmen mit verdünnten Mineralsäuren (s. u.) die den Torf charakterisirenden Humusstoffe dargestellt werden können, so möchte man geneigt sein, per Analogie der Vorstellung Raum zu geben, dass die Vertorfung hauptsächlich oder wenigstens zum Theil primär durch Fermente bewirkt werde, welche von den auf den abgestorbenen Gewächsen vegetirenden Pflanzen abgesondert werden. Allerdings wird mancherorts Torf gebildet, ohne dass über abgestorbenen Pflanzentheilen beständig andere Pflanzen gelebt haben. Anderseits könnte daran erinnert werden, dass Beispiele bekannt sind, wo lebende Pflanzentheile Humussäure bilden; es sind dies die Sporen von Pilzen. Nach *Lucas*³⁹⁾ hat dieselbe schon *Einhof* aus den Sporidien des *Agaricus atramentarius* Bull. abgeschieden, er selbst aus *Uredo segetum*, *Grager* aus *Uredo sitophila* Dittm. Ich gewann Humussäure aus den Sporen von *Elaphomyces granulatus* Fr., indem ich dieselben während 26 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur mit 5 % KOH behandelte, nachdem sie durch eine 20 stündige Einwirkung mit Aether von einem gelblichen Oel befreit worden waren.

Diese Vorstellung einer Fermentwirkung würde aber der Wahrheit keineswegs nahe kommen; es müsste eine viel gleichmässigere und

vollkommenere Zersetzung beobachtet werden können sowohl in derselben Tiefe als in verschiedenen Regionen und dürfte eine Alternanz von kaum veränderten und sehr stark vertorften Schichten nicht in dem Grade vorkommen, wie es die wirkliche Untersuchung lehrt, weil — wenn auch zugegeben werden muss, dass diese oder jene Pflanzenspecies nach Qualität und Quantität ein verschiedenes Ferment absondern wird — zu beobachten ist, dass sehr geringe Mengen eines Fermentes im Stande sind, eine Masse chemisch zu verändern. Senft (l. c.) lässt zuerst den Zellinhalt „durch den zurückgehaltenen Sauerstoff“ in Gährung versetzen, dann das entwickelte Ammoniak wie Ferment (eine Hefe) auf die stickstofffreien Verbindungen wirken und aus denselben humussaures Ammoniak entstehen und betrachtet schliesslich, gestützt auf sein Experiment mit der „Kohlpflanze“, die „im ersten Akte bereiteten humussauren Flüssigkeiten“ als ein Ferment, „das auf die Umwandlung der Zellensubstanz im Holzfasergerippe einwirkt.“ Abgesehen davon, dass in Wirklichkeit, wie oben hervorgehoben, durchaus nicht immer zu beobachten ist, dass der Zellinhalt durch Bildung von humussauren Alkalien vorerst ausgelaugt werde, sondern dass im Gegentheil selbst in den untersten Baggertorfen eiweissartige Zellen von krautartigen Gewächsen bei glasheller, unversehrter Cellulosemembran vollständig mit Humusmaterie erfüllt vorkommen, so ist sehr zu betonen, dass sicher der Zersetzungsprozess innerhalb eines Moores, d. h. innerhalb einer Massenvegetation, anders verlaufen muss als bei einem in gewöhnliches Wasser getauchten Pflanzentheil. Jene drei Agentien sind nach dem heutigen Standpunkt der Wissenschaft weder Gährungserreger noch Fermente. Die grosse Bedeutung des Sauerstoffs ist nicht zu läugnen und können das Ammoniak und die Basen überhaupt vielleicht die Pflanzenstoffe zur Ulmifikation anregen, d. h. den Einfluss des Sauerstoffs begünstigen, ähnlich wie Ammoniak durch Basen zur Salpetersäurebildung angespornt wird, obschon andere Forscher hierin eine Thätigkeit von Schizomyzeten erblicken wollen. Was aber das dritte Agens betrifft, so wäre dessen Wirkungsweise doch eine seltsame und unverständliche. Aus Cellulose *A* entstehen Ulminstoffe *B*; aber wie? Nun soll ein aus *A* entstandener Körper *B* die Eigenschaft besitzen, sich selbst fortwährend aus dem *A* zu erzeugen?

Dass die *Wärmebildung* bei dem mit einer Gährung verglichenen Vertorfungsprozess von den früheren Forschern betont worden, ist natürlich. Wäre dies nun richtig, so müssten die Aequatorial-gegenden als meist begünstigte die grössten und zahlreichsten Moore besitzen. Es gibt Torfbildungen in warmen Ländern. Es sind z. B. solche bekannt aus Sicilien⁴⁰⁾, Ceylon (*Pokorny*), Florida (*Lesquereux*) etc. Allein die Gegenden, für welche die Torfmoorbildung

ganz charakteristisch ist, ja beinahe den grössten Theil des Bodens beansprucht, gehören den höhern Gebirgsregionen der wärmern Himmelsstriche oder der gemässigten und kalten Zone an. Leider hat ausser *Lesquereux* noch Niemand die Wärmeverhältnisse eines Moores geprüft und ist zu bedauern, dass dessen hierauf bezügliche Forschungen wenig beachtet worden sind. Der Torf ist vermöge seines grossen Wassergehaltes und des eingeschlossenen Pflanzendetritus ein schlechter Wärmeleiter und hat eine grosse spezifische Wärme. *Lesquereux* fand durch eine jährliche Beobachtung in dem Torfmoor von Bémont im schweizerischen Jura schon bei „10 Fuss Tiefe“ die Schicht der unveränderlichen Bodentemperatur, nämlich $+ 7^{\circ} \text{C.}$ für den 15. September 1841 und 15. April 1842. In einem Moor bei St. Croix fand dieser Forscher den 15. Juli 1842 bei 15 Fuss eine Temperatur von $+ 2^{\circ} \text{C.}$, Resultate, welche leider durch keine speziellen Angaben über die Art und Weise der Temperaturmessung geprüft werden können. Jeder erfahrene Torfstecher weiss aber, dass selbst im Hochsommer der Torf da, wo er aus ziemlicher Tiefe, z. B. 2 m, aus dem Wasser gestochen wird, „eiskalt“ anzufühlen ist, dass also jedenfalls innerhalb des Moores eine viel niedrigere Temperatur herrschen muss als es die Gährung verlangt, dass mithin entweder die durch die chemischen Vorgänge produzierte Wärme durch einen starken Wärmekonsum beinahe annullirt oder die stoffliche Zersetzung eine äusserst langsame ist oder dass, was am wahrscheinlichsten ist, beide Thatsachen neben einander bestehen.

Die vorherrschende Verbreitung der Torfmoore in den kältern Ländern hat dann umgekehrt die meisten Forscher veranlasst, die Wirkung des Winters, *des Frostes*, hervorzuheben. „Es müssen die durch des Sommers Wärme zur Verwesung angeregten Pflanzenstoffe durch des Winters Fröste in ihrer Verwesung gehemmt und ihre schon erzeugten Humussubstanzen unempfindlich gegen den Sauerstoff und die übrigen Verwesungspotenzen gemacht werden“ (*Senft* l. c. pag. 163). Wie sollen nun die humussauren Flüssigkeiten als Ferment wirken, wenn sie durch Frost unlöslich gemacht werden, wie sollen sie die Pflanzenreste vor Zerstörung schützen, da die Humusstoffe durch Wasserverlust ihr Volumen verkleinern und abbröckeln; woher kommt es denn, dass die Ulminstoffe zum überwiegend grössten Theil in einem stark gequollenen, wasserreichen Zustande im Torfe vorkommen? Oder sollte die Kälte so tief eindringen? Werden denn die Moore nicht eben so gut durch eine Schneedecke geschützt sein wie die übrige Erde; wirken denn zudem der starke Wassergehalt und die zahlreichen Capillarröhren nicht verzögernd auf die Erkältung? *Lesquereux* fand im Winter 1841/42 in einem nach Norden gerichteten schneefreien Profil den Torf auf

eine Tiefe von 11 Zoll gefroren. „C'était la plus grande épaisseur de tourbe congelée pendant toute la durée de l'hiver.“ Den 15. April 1832 war der Torf unter dem Schnee nur auf 1¹/₂ Zoll gefroren; den 17. April 1882 fand ich im „Schachen“ bei Einsiedeln eine senkrechte Torfwand in einem tiefen, engen Graben auf 15 cm und den 17. April 1883 in einem nach Nordwesten gerichteten Profil der „äusseren Altmatt“ bei Rothenthurm auf 24 cm gefroren. (In derselben Höhe, in Trogen, sank das Thermometer im März 1883 noch auf — 13° C.!) Offenbar verhält sich aber eine Pflanzendecke und namentlich diejenige eines Hochmoors, gegen Temperatureinflüsse ganz anders als eine Torfwand.

Wiegmann, Lesquereux, Senft u. a. betonen als für die Vertorfung wesentlichen Faktor *den Druck* der überlagernden Torf- und Wasserschicht und damit die durch diese Arbeit erzeugte *Wärme*. Es ist aber gewiss eine sehr mangelhafte Interpretation der Wirklichkeit, wenn man sich mit *Senft* vorstellt, „diese (die Wärme!) werde — ähnlich wie in nassen fest zusammengepressten Heu- und Düngerhaufen — die noch unzersetzte Pflanzenfaser so stark erhitzen, dass sie unter Entwicklung von kohlenwasserstoffhaltigen Gasen sich in eine kohlige Substanz verwandle“, oder wenn man, wie oben zitiert, nach *Wiegmann* mit Mineralstoffen und Wasser gemengte Pflanzenstoffe durch Belastung in Torf verwandeln will. Ich habe mich über die Wärmeverhältnisse der Torfmoore bereits ausgesprochen und möchte daher nur noch Beobachtungen anführen, welche geeignet sein dürften, die Druckwirkung auf ihre reelle Bedeutung zurückzuführen.

Grisebach erwähnt in seinem Profil des Papenburger Moores 3—4 Zoll Moostorf (*Sphagnetum*) unter 13 m braunem bis schwarzem Torf! *Blytt* betont die gute Erhaltung der Moose in bedeutenden Tiefen. Man kennt Moore, wo gerade die untersten Schichten am wenigsten vertorft sind (vide auch *Pokorny*, Torfmoore Ungarns etc.). Ich habe die gute Erhaltung eines reinen *Hypnetums* als Basis von Hochmooren dargestellt. In dem unter alluvialem „Zeeklei“ am Dollert liegenden Torfe fand ich *Sphagnum Austini* Sulliv. so ausgezeichnet konserviert wie in der frischen Moosdecke. In dem kleinen Rasenmoor von Istighofen bei Bürglen (Thurgau), das von 1—2 m Glacialthon bedeckt ist, bestehen die oberen 2—3 dm aus reinem *Hypnetum*, nach Dr. *Holler* in Memmingen gebildet aus ausgezeichnet erhaltenem *Hypnum scorpioides* L., die untersten Schichten dagegen enthalten zum Theil stark macerirte Hypneen, die indessen durchaus nicht so bedeutend umgewandelt sind wie in manchen unbelasteten Mooren. Der Druck hat somit die Ulmifikation nicht befördert, sondern den Torf nur etwas kompakter gemacht, so dass er an Ort

und trocken „Schieferkohle“ genannt wird. Dasselbe theilt *Forchhammer* aus Seeland mit (l. c.) und hätte *Göppert* diese Thatsache bestätigen können, wenn er den „geschichteten schwarzen“ Torf von Helvetihof in Oberschlesien mikroskopisch geprüft hätte (*Zincken* pag. 36).

Petzholdt (l. c.) hat selbst im Schieferthon der Zwickauer Braunkohlenformation „blos wie getrocknet sich darstellende und wie dem Herbarium entnommene Blättchen“ beobachtet. In den interglacialen Ligniten fand ich die Ulmifikation nie weiter oder nicht so stark fortgeschritten als in jetzigen Torfmooren, obschon sie zum Theil dem Druck einer 60 m mächtigen Schicht von Schotter, Glacialthon oder gewöhnlichem Erraticum seit Jahrhunderten ausgesetzt sind⁴¹). Sie sind nur viel compakter als der gewöhnliche Stichtorf. Wie bereits erwähnt, habe ich *Sphagnum* in gut erhaltenem Zustande gefunden, ja die Schieferkohlen von Gross-Weil am Kochelsee bestehen zum Theil aus einer Materie, die aus Hochmoor entstanden ist und trocken denselben Eindruck macht wie gewöhnlicher Hochmoortorf. Dass darin eingeschlossene Baumstämme gequetscht sind, erklärt sich daraus, dass sie schon innerhalb der Moore, vor der Belastung, durch die Vertorfung weich gemacht wurden, die Laubhölzer in höherem Grade als die harzreichen Coniferen.

Zincken (l. c.) bestätigt dies; er hat in den Braunkohlenflötzen zudem stark gequetschte Stämme gefunden auch da, wenn das Deckgebirge einen bedeutenden Druck nicht ausübte. Der Druck kann also die Vertorfung unmöglich in dem Maasse fördern, als sich viele Forscher vorstellten. Sein Einfluss ist sehr gering, hat sich aber ohne Zweifel in positiver Weise geltend gemacht während jenen unmessbaren Zeiträumen, welche die Jetztzeit von der Steinkohlenzeit trennen.

Nach den bisherigen Erörterungen kann der Vertorfungsprozess nur in einem gewöhnlichen chemischen Vorgange bestehen, der mehr oder weniger verzögert wird. Diese Verzögerung wird denn auch von einigen Forschern mehr oder weniger hervorgehoben und verschieden erklärt. *Pfaff* u. A. (*Wiegmann* l. c.) machen auf den Sauerstoff absorbirenden Gerbstoff aufmerksam, *Schrank* 1795 (*Sendtner* l. c.), *Einhof*, *Sprengel*, *Lorenz* u. a. betonen die antiseptischen Eigenschaften der Humussäure, die aber nach früherem durch den Frost paralysirt werden müsste. Die von *Brown* beschriebenen, erhaltenen Menschen- und Thierleichen aus Torfmooren sind bekannt. *Sendtner* beobachtete eine geringere Fäulniss der Weichtheile von *Anadonta fluviatilis* in Moorwasser als in destillirtem Wasser. Um hierüber eine Vorstellung zu gewinnen, liess ich frisches Rindfleisch während 3 Wochen bei gewöhnlicher Temperatur in aqua dest. und einem

wässerigen Auszug von frischem Dopplerit liegen (s. unten). In der ersten Flüssigkeit konnte ich ebenfalls einen ziemlich stärkeren Leichengeruch wahrnehmen als im Doppleritextrakt. Es scheinen also die Torfsäuren antiseptische Eigenschaften zu besitzen; ob diese es allein sind, welche Leichen conserviren können, ist aber noch eine offene Frage in Hinsicht auf die Erhaltung animalischer Körper als Adipocireichen⁴²⁾* und dass ihr hemmender Einfluss auf die Vertorfung jedenfalls gering anzuschlagen ist, lehrt die zum Theil sehr bedeutende Ulmifikation der Pflanzenstoffe. Mithin erscheinen die Humusstoffe weder als bewirkende noch fördernde noch hemmende Faktoren bei der Vertorfung; sie sind eben das Hauptergebniss derselben.

Alle, die sich mit der Torffrage beschäftigt haben, betonen die verzögernde Wirkung des Wassers, weil es den Zutritt des Sauerstoffs der Luft hindert. Alle meine Beobachtungen haben mir in der That die Ueberzeugung aufgedrängt, dass die Vertorfung wesentlich in einer gehemmten Oxydation der Pflanzenstoffe besteht, welche zudem durch die permanente Anwesenheit des Wassers, die niedere Temperatur, die Verschiedenheit der Pflanzenstoffe selbst und die mineralischen Beimengungen eine vielfach modifizierte sein muss, die aber wesentlich darauf ausgeht, eine Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff herzustellen, in welcher der Kohlenstoffgehalt gegenüber demjenigen der Pflanzen sich auf Kosten des Wasserstoffs und Sauerstoffs derselben bereichert hat. Damit bestätige ich die schon 1804 durch *Einhof* ausgedrückte Anschauung:

„Mangel an freiem Zutritt der Luft, ein hoher Grad von Feuchtigkeit und die durch diese Feuchtigkeit hervorgebrachte niedere Temperatur leiten die Verwesung auf eine besondere Art ein und unterhalten dieselbe!“ und die 1837 durch *Wiegmann* ausgesprochene:

„Bei der Bildung des Torfes bildet der Sauerstoff der Luft wie überhaupt bei den Zersetzungen der organischen Körper, eine Hauptrolle Diese Zersetzung erfolgt nun um so rascher, je mannigfaltigere und sich gegenseitig zersetzende Bestandtheile die Pflanzen enthalten und je mehr sie der atmosphärischen Luft und niederem Druck ausgesetzt sind“ (l. c. pag. 52) und „die Veränderungen, welche die Pflanzen bei ihrem Uebergange in Torf erleiden, bestehen darin, dass die Säfte der weichen Theile desselben in Humussäure umgewandelt, die Fasern derselben aber grösstentheils in Humuskohle verändert werden** und mit Erden und Metalloxyden zum Theil vermengt, zum Theil verbunden, den Torf constituiren“ (pag. 55),

* Vgl. *Felber*, über die Bildung der Steinkohlen oder steinkohlenartiger Substanzen und deren Ausbeutung in der Schweiz (Schweiz. Zeitschrift für d. Forstwesen 1882 pag. 199).

** Siehe meine obigen diesbezüglichen Erörterungen.

kann aber *Lesquereux* nicht unterstützen, der den Ulminkörpern höchstens die Bedeutung von die Zersetzung verzögernden Substanzen beilegt und den Torf definirt:

„La tourbe est un composé ligneux dont la fermentation et par conséquence la décomposition sont retardées par la présence et la température de l'eau.“

Es ist längst bekannt, dass Pflanzenstoffe an der Luft unter Bildung von Wasser und Kohlensäure eine mehr oder weniger kohlenstoffreiche Substanz liefern, die grösstentheils aus Humin und Huminsäure besteht und allmählig vollständig verbrannt wird, dass in hohlen Bäumen, in welchen mehr oder weniger Wasser zurückgehalten wird, neben Humin und Huminsäure die helleren und nach *Mulder* wasserstoff- und sauerstoffreicheren Ulmine und Ulminsäure sich bilden und dass bei Bedeckung mit Wasser die Zersetzung modifizirt wird, indem nebst Kohlensäure und Wasser auch Methan auftritt. Ob das Wasser aus der gegenseitigen Einwirkung der in den Pflanzenstoffen vorkommenden Componenten sich bildet oder zuerst durch Oxydation des eventuell vorhandenen disponiblen Wasserstoffs, wie *Richter* für die Oxydation der Steinkohle gezeigt (*Muck* pag. 55), ist nicht entschieden. Zwei Thatsachen können demnach zum Voraus begriffen werden:

- 1) dass bei trocken gelegten Mooren oder bei Mooren, die zeitweise wasserarm werden, die Bildung von Kohlensäure und Huminstoffen vorherrscht,
- 2) dass in sehr durchnässten, permanent befeuchteten und dicht aufgebauten Torfmooren mehr die Bildung von Kohlenwasserstoffgasen und Ulminkörpern vor sich gehen wird, dass somit die Entstehung der letzteren Produkte hauptsächlich unter dem Schutze einer Hochmoordecke und allgemein in den untersten Schichten begünstigt sein muss, dass die Hypneto-Cariceta, weil vorwiegend aus kleineren, cellulosereichen, also erst spät angegriffenen Pflanzen und daher dicht aufgebaut und eine konstante an anorganischen Bestandtheilen reiche Berieselung fordernd, namentlich zur Bildung der Ulminstoffe geeignet sein müssen.

In den von mir untersuchten Mooren zeigte sich in der That ganz allgemein *auf frischen Profilen*, dass die mehr lockeren und braunen Schichten Huminsäure enthielten, während die dichten kompakten Hypneto-Cariceta von ganz gelbbraunem („roth“ d. Torfstecher) Aussehen keine Huminsäure enthielten, wohl aber erheblich Ulminstoffe. Ich habe aus dem Hypneto-Caricetum, welches die Basis von präalpinen Hochmooren bildet, nie Huminsäure abgeschieden, dagegen solche oft in bedeutender Menge in lockerem Rasenmoortorf oder Hochmoortorf getroffen. Ganz falsch ist es, aus einem trockenen

Profil auf die Beschaffenheit der betreffenden Torfschicht schliessen zu wollen. Welcher Gegensatz zwischen dem frischen, „rothen“, kompakten Hypneto-Caricetum-Torf und dem trockenen, dichter und matter Braunkohle gleichenden Torf derselben Sorte oder zwischen dem im trockenen Profil schieferkohlenartig aufblätternden, schwarzen und dem frischen, plastischen, „rothen“ Torfe! Solcher Torf ist, wie *Senft* hervorgehoben hat, ausserordentlich empfindlich gegen Sauerstoff. Schon in wenigen Minuten ändert er an der Luft die Farbe und nach einem Tage hat man Mühe, selbst bei grösseren Stücken einen gelbbraunen Kern zu finden. Wer nicht an Ort und Stelle die Proben sorgfältig etikettirt, findet bei seiner Rückkehr gleichgefärbte braune Stücke. Die gelblichen Phragmites-Stengel werden braun, die Holzreste der Pfahlbauten nehmen in kurzer Zeit tiefbraune Färbung an etc.; frische Profile entfärbten sich in 6 Monaten auf eine Tiefe von 5—15 cm.

Dass namentlich in diesen Hypneto-Caricetum-Schichten, überhaupt in zellulosereichen, langsam vertorfenden, aber dichten Pflanzen-dépôts eine sehr schwache Oxydation stattfindet, ergibt sich aus folgenden Beobachtungen:

- a) Der Vivianit oder die Blauerde, phosphorsaures Eisenoxydul zeigt sich da und dort in Mooren; in Ostfriesland als „Stiffel“ bekannt, gilt er dort nach *Senft* als ein Anzeichen von gutem Torf.
- b) Das Eisenoxydul ist im Uebrigen innerhalb der Moore wahrscheinlich als Doppelcarbonat oder -ulmiat vorhanden oder an die Quellsäure gebunden. Tritt solches Wasser durch eine Spalte, in der Nähe von Wurzeln, aus einem Profil, so siedelt sich bald *Cladotrix dichotoma* Cohn an und begünstigt die Bildung von Eisenoxydhydrat, das nun in rostgelben Gallertklumpen sich absetzt.
- c) Verfolgt man die Equisetenhalme im Glacialthon, auf dem Moore ruhen, so findet man diesen rings um die Stengel mit Eisenoxydhydrat imprägnirt, während er an den übrigen Stellen grau ist und nach Kohlenwasserstoffen riecht. Die Halme waren offenbar die Luftleiter; sie sind denn auch gewöhnlich mehr oder weniger in Humin oder Humate verwandelt. (Vgl. *Hoppe-Seiler*, Ueber die Einwirkung des Sauerstoffs auf die Gährung; Festschrift, Strassburg 1881.)
- d) Die Bildung des Methans in einem von Vegetabilien bewohnten Wasserbecken ist längst bekannt, weniger dagegen *das Ausströmen von Gasen*. Ich habe in den Torfmooren von Gais und Gonten einige Mal beim Durchstich des kompakten Hypneto-Caricetums auf der Berührungsschicht mit dem thonigen Untergrunde eine lebhafte Entwicklung eines wie reiner Wasserstoff

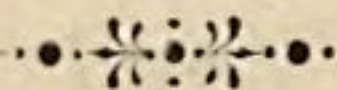
ruhig brennenden Gases beobachtet und zwar während 4—5—7 Minuten. Diese Luftart musste offenbar angehäuft und eingeschlossen sein. In viel höherem Maasse ist eine solche Gasausströmung aus dem Leopoldskronmoos bei Salzburg⁴³⁾ bekannt und von Prof. *Fugger* daselbst beschrieben worden (vgl. pag. 16). Den 14. Mai 1879 wurde ein Torfstecher beim Anzünden einer Pfeife in eine 4—5 m hohe Flamme eingehüllt; an einigen Stellen brannte aus einer eingetriebenen Eisenröhre eine 70 cm hohe Flamme, eine andere Röhre lieferte per Minute 5 Liter Gas. An 30 Orten wurde Gas erbohrt. *Fugger* berichtet von einer viermonatlichen Ausströmung und theilte mir jüngst noch brieflich mit, dass noch gegenwärtig eine Gasentwicklung beobachtet werde. Die Gase sind meist in kleinen Schotterhügeln des Untergrundes magazinirt und bestehen aus „Sumpfgas, etwas Aethylen (Aethan?) viel Kohlensäure und einer Spur von Schwefelwasserstoff.“

Auffallend ist das Vorkommen von Aethylen, ein Produkt der trockenen Destillation organischer Körper; sollte es mit Aethan verwechselt worden sein? Diese Gase verdienen eine sehr grosse Beachtung, denn sie lehren, dass in den unteren Schichten der Torfmoore dieselben chemischen Prozesse vor sich gehen müssen, wie in den unter bedeutendem Druck stehenden Kohlenlagern, deren exhalirte Gase aus Kohlensäure, Methan und Aethan bestehen (*Muck l. c.*) und von denen zum mindesten das Methan schon reichlich in den interglacialen Schieferkohlen gebildet wird, da z. B. in Mörschwyl bei St. Gallen schlagende Wetter bei den ersten Stollenbauten sich ziemlich häufig ereigneten. Durch Behandlung mit 5 % NaOH schied *Reichardt*⁴⁴⁾ aus dem Moor des Torfmoores von Bad Steben bei Hof nebst Ammoniak etwas Methylamin ab.

Rekapitulation:

- 1) *Es ist zur Zeit unmöglich, die einzelnen chemischen Veränderungen nachzuweisen, welche die Pflanzenstoffe bei ihrem Uebergang in Torf erleiden.*
- 2) *Der Torf ist kein Gemenge von Kohle und Bitumen, sondern das Endziel der Vertorfung ist die Bildung von Ulmin- und Huminsubstanzen.*
- 3) *Diese Körper zeigen mit Alkalien eine Quellung, mit darauf folgendem Zusatz einer Säure eine Volumenverkleinerung. Getrocknet sind sie unlöslich.*
- 4) *Alle Pflanzen mit Ausnahme der Diatomeen können Torf liefern.*
- 5) *Im Allgemeinen vertorfen die zarten und eiweissreichen Pflanzentheile am leichtesten, daher der Zellinhalt in der Regel vor der Membran.*

- 6) Diese kann aber vollständig ulmifizirt werden, am leichtesten, wenn sie aus Cellulose besteht, schwieriger und langsamer, je mehr diese in Lignin oder Cutose verändert oder mit Kieselerde imprägnirt ist.
- 7) Laub- und Torfmoose vertorfen sehr langsam, liefern aber dadurch homogene beständige Ulminstoffe.
- 8) Harz und Wachs sind nur accessorische Bestandtheile des Torfes.
- 9) Gerbstoff verwandelt sich relativ rasch in ein unlösliches Ulmin.
- 10) Der Stickstoffgehalt wird häufig durch animalische Beimengungen erhöht.
- 11) Die Asche rührt — namentlich bei Rasenmooren — nur zum Theil von den konstituierenden Pflanzen her und wird oft zum grössten Theil durch fremde Beimengungen gebildet. Calcium-, Magnesium-, Eisenhaltige Mineralstoffe, ob per Wasser oder Luft in das Torfmoor geführt, müssen einen sehr günstigen Einfluss auf die Qualität des Torfes ausüben, da sie die Bildung von schwer löslichen Ulmiaten veranlassen können.
- 12) Der Vertorfungsprozess besteht weder in einer Gährung noch in einer Fermentwirkung, sondern in einer sehr langsamen Zersetzung der Pflanzen unter möglichst starkem Abschluss von Sauerstoff durch Wasser und bei einer niederen Temperatur. Spaltpilze haben mit der Torfbildung nichts zu thun.
- 13) Daher ist keine Wärmebildung zu konstatiren und entstehen vorherrschend Ulminkörper (weniger Huminsubstanzen).
- 14) Weder Frost noch Druck üben auf die Vertorfung einen nachweisbaren Einfluss aus.
- 15) Die untersten oder ältesten Schichten eines Torfmoores sind nicht immer am stärksten vertorft.



III.

Zur Morphologie und Chemie der natürlichen und künstlichen Ulminstoffe.

Um zu untersuchen, in welchen Formen die durch die Ver-
torfung entstandenen Ulmin- und Huminstoffe sich bilden, ist durch-
aus frisches Material nothwendig. Getrocknete und mit Wasser oder
verdünnten Alkalien aufgeweichte Torfe können selbst für Geübte
mannigfache Trugbilder geben. Ueberschaut man die Bilder, die
man von einer grossen Zahl mikroskopischer Präparate der verschie-
densten Torfqualitäten gezeichnet, so zeigen sich zwei beständig
wiederkehrende, typische Formen, welche Farbe und Durchsichtigkeit
gemein haben, obschon die verschiedene Dichtigkeit manche Nüancen
hervorrufft: blass rostgelb bis hellgelbbraun bis gelbbraun wie auf-
geweichte Guttaperchahaut bei durchfallendem Licht, durchscheinend
bis undurchsichtig. Wie früher betont, können die Ulminstoffe von
den Huminstoffen unter dem Mikroskop nicht unterschieden werden.

1. Die körnige Form. Bei $600/1$ — $700/1$ beobachtet man Haufen
von gut contourirten, homogenen, kugeligen bis ovalen Körperchen,
welche sehr blass rostgelb sind wie die blassesten einzelnen rothen
Blutkörperchen (*Fig. 3*); sie zeigen in Wasser vertheilt die *Brown'sche*
Molekularbewegung* und lösen sich auf Zusatz von 5 0/0 Kali leicht,
falls sie aus Ulminsäure oder Huminsäure bestehen. Bei schwächerer
Vergrösserung erscheinen diese Haufen als krümeliger Detritus. Die
Körnchen können aus dem Zellinhalt, aus der Cellulose der verschie-
denen Gewebe und Pflanzen entstehen. Es kann bei einer Zelle der
Inhalt homogen umgewandelt, die Membran aber körnig zersetzt sein.
Für die sehr resistente Membran der Laubmoose und zum Theil der
Sphagneen ist die körnige Modifikation durchaus Regel, primär, die
homogene äusserst selten primär.

* Diese Zeilen waren bereits geschrieben, als ich bei einer nochmaligen Durchsicht von
Grisebach: „Emsmoore“, entdeckte, dass schon dieser Forscher auf diese Körnchen aufmerk-
sam geworden, ohne sie in ihrer wichtigen morphologischen Bedeutung erfasst zu haben.
Er schreibt pag. 32: „Die Gewebe der Pflanze verwandeln sich in eine amorphe Humusmasse,
in welcher die mikroskopische Untersuchung nur braune oder schwarzgefärbte Körnchen von
lebhafter Molekularbewegung nachweist.“

Als Seltenheit findet man hie und da in eiweissreichen Zellen krautartiger Gewächse homogene Kugeln von Ulmin oder Humin. Sehr schöne Kugeln von $\frac{1}{300}$ — $\frac{1}{400}$ mm Durchmesser fielen mir zuerst auf im Mark von *Alnus incana*, wovon ein Stück in frischem Dopplerit von Aussee eingeschlossen war (*Fig. 4*). Ich habe dann dieselben beständig in Mark, Rinde, Markstrahlen, Cambium verschiedener Hölzer beobachtet und die Ueberzeugung gewonnen, dass sie hauptsächlich da auftreten, *wo die betreffenden Gewebe reich an Gerbstoff sind* und muss ich diese Kugeln als Derivat desselben betrachten. Dass der Vertorfungsprozess dieselben wesentlich erzeugt hat, darf ich wohl aus dem Umstand schliessen, dass in vermodernden Zweigen von *Alnus* seltener und meist kleinere Ulminkörner gesehen werden, indem der grösste Theil der gerbstoffhaltigen Zellen einfach durch eine gelbe homogene Masse angefüllt ist. Seit *Malaguti* ist bekannt, dass verschiedene Pflanzenstoffe wie Saccharose, Glycosen, überhaupt Kohlehydrate mit warmen verdünnten Säuren oder Alkalien „Humusstoffe“ liefern; ferner lehrt die organische Chemie, dass die Gerbstoffe, welche als Derivat der Kohlehydrate zu betrachten sind, durch dieselben Agentien in Traubenzucker und eine Säure oder Phlobaphene verwandelt werden. Diese letzteren wurden von *Stähelin* und *Hofstetter*⁴⁵⁾ zuerst aus der Rinde resp. Borke von *Pinus sylvestris* abgeschieden. Ich habe solche Borke mikrochemisch untersucht und sowohl innerhalb der Kork- als eigentlichen Rindenzellen nebst Harztröpfchen einen braunrothen Farbstoff entdeckt, welcher Klumpen oder Wandbelege der Zellen darstellt, mit 5 % KOH mehr oder weniger bräunlich grün wird und sich von der Zellwand trennt.

Nach einer halbstündigen Einwirkung von Liquor ferri acet. färbte sich diese Masse mehr oder weniger bläulich-schwarz, um so intensiver, je näher die Schnitte der lebenden Rinde gewählt wurden. Die Zellmembran wird mit Chlorzinkjod strohgelb.

Es darf also angenommen werden, dass die Phlobaphene auch von der Natur grösstentheils aus dem Gerbstoff gebildet werden. Nach ihren Entdeckern theilen die Phlobaphene mit den Humusstoffen die Eigenschaften: „unlöslich in Wasser, verdünnten Säuren, leicht löslich in Alkalien mit tiefbraunrother Farbe.“ Ich habe aus jungen Zweigen von *Alnus incana*, deren Rinde, Cambium, Mark und Markstrahlen ganz mit Gerbstoff erfüllt waren, durch 35stündige Behandlung dünner Schnitte mit 2 % KOH bei gewöhnlicher Temperatur und darauf folgender Präcipitation mit Salzsäure einen Körper bekommen, der getrocknet nach Farbe, Glanz, Härte und Bruch den getrockneten Humussäuren oder Ulminsäuren glich, in Alkalien sich leicht löste und nach seinem übrigen chemischen Verhalten ganz mit den Ulminstoffen übereinstimmte; sein Pulver ist dunkler als

dasjenige von Sacculmus. Die prozentische Zusammensetzung der Phlobaphene stimmt nicht genau mit derjenigen des Sacculmus. *Mulder* hat sie aber schon zu den Ulminkörpern gerechnet und ist man hiezu um so eher berechtigt, da in neuester Zeit von *Demel*⁴⁶⁾ die sehr interessante Entdeckung gemacht worden ist, dass auch Ulmin (aus Rohrzucker dargesellt) mit schmelzendem Kali Protocatechusäure liefert, welches Zersetzungsprodukt nach *Dragendorff*⁴⁷⁾ bislang als charakteristischer Unterschied zwischen den Phlobaphenen und Humuskörpern galt.

Diese Ulminkugeln lassen sich quetschen und habe ich die Beobachtung gemacht, dass sie miteinander zu Konglomeraten verschmelzen können.

Die Untersuchung der Laubhölzer in den Schieferkohlen zeigte mir, dass auch dort die entsprechenden Gewebe mit solchen Kugeln erfüllt sind, nur dass sie naturgemäss häufiger in verzerren gequetschten Formen auftreten. (*Fig. 5.*)

2. Die homogene Form. In prachtvoll homogenen Formen treten die Ulminverbindungen auf, bald direkt aus dem Zellinhalt, bald aus der Membran, sehr selten aus Hypneen. Es kann der Zellinhalt eine homogene zusammenhängende Platte darstellen oder — wie häufig zu beobachten ist — analog dem vakuolenreichen Protoplasma einer lebenskräftigen Zelle eine zusammenhängende Aussenschicht mit zahlreichen innern leeren Räumen darstellen. Ich glaube kaum, dass diese Hohlräume einst mit Gasen erfüllt waren und jedenfalls nicht mit solchen von grosser Spannkraft, welche die Membran zu zerreißen vermochten (vgl. pag. 27); denn diese ist entweder ganz macerirt oder noch sehr gut erhalten, aber nie mit Rissen versehen; zudem habe ich nie beobachtet, dass ein solcher Raum sich gegen die Membran öffnete; es sind geschlossene Höhlen (*Fig. 6.*). Ich konnte nicht erfahren, was die homogene Form bedingen möchte. Sie zeigt sich sowohl bei kieselreichen Epidermiszellen als den Zellen des Cambiums oder dem Prosenchym und Parenchym von Radicellen, Moosstämmchen und krautartigen Pflanzen, ob primär, ist in den meisten Fällen schwer zu entscheiden. Dagegen bin ich fest davon überzeugt, dass sekundär aus der körnigen Form die homogene entstehen kann und dass dies fast ausnahmslos der Fall ist bei dem widerstandsfähigen Gewebe der Hypneen, welche die schönsten zusammenhängenden und homogenen Platten von Ulminverbindungen liefern, welche ich je habe beobachten können. Daher könnte man als Uebergang

3. Die krümelige Form unterscheiden, die sich bei $150/1$ — $300/1$ darbietet, aber bei stärkerer Vergrösserung sich in kleine, mehr oder weniger verschmolzene, abgerundete Plättchen auflöst, welche aus den Körnchen entstanden sind. Dieser krümelige Detritus ist in stark zersetztem Torf vorherrschend, die homogene Plattenbildung

aber die höchste Stufe der morphologischen Entwicklung der Ulminverbindungen innerhalb des Torfes.

Ich hatte diese Anschauung bereits gewonnen, als ich mit der sehr interessanten Arbeit von *Sestini*⁴⁸⁾ über das Sacculus bekannt wurde, die mich veranlasst hat, die künstlichen Ulminverbindungen, welche ich darzustellen beabsichtigt hatte, namentlich auch in morphologischer Beziehung zu verfolgen und solche aus den verschiedenen bei der Vertorfung in Frage kommenden Pflanzenstoffen zu gewinnen. Die von mir erzielten Resultate mögen eingehender besprochen werden.

Zuerst hat *Malaguti*⁴⁹⁾ dargethan, „dass im Allgemeinen die verdünnten, ja selbst sehr verdünnten Säuren unter Mitwirkung einer Temperatur, welche 95° C. nicht übersteigt, sehr übereinstimmend auf den Rohrzucker einwirken und dass diese Einwirkung bei Gegenwart von atmosphärischer Luft in der Erzeugung von Humussäure und Ameisensäure und bei abgehaltener Luft in der Bildung von Humussäure allein besteht“ (es ist hier unter Humussäure Ulmin und Ulminsäure zu verstehen), dass sich die Säure nach dem Versuch in unveränderter Menge vorfindet — was von *Mulder* bestätigt worden ist — und dass sie erst auf den gebildeten Traubenzucker ulmifizierend einwirkt. *Sestini*, bekannt mit *Mulder's* Untersuchungen, korrigirt, dass die Sacculminsäure aus der Glycose, das Sacculmin aber direkt aus der Saccharose entsteht und „dass das Ganze der durch verdünnte Schwefelsäure aus Zucker dargestellten Ulminsubstanz, welches man füglich Sacculus nennen darf, nicht — wie man glaubt — die Form von Flimmerplättchen (*Malaguti*) hat, sondern beständig aus sphärischen Kügelchen von gelber Farbe und einem Durchmesser von einigen Hundertsteln eines Millimeter zusammengesetzt ist.

Zur Steuer der Wahrheit muss indess bemerkt werden, dass schon *Malaguti* eine zwiefache Constitution hervorhebt (pag. 53): „der (der erhaltene Körper) durch Reflexion betrachtet, sich theilweise in der Gestalt von kleinen schillernden Blättchen (Flittern) darstellte, zum Theil, sage ich, denn ein Theil des Körpers hatte ein erdiges Aussehen.“

1. Versuchsreihe. Ich erwärmte verdünnte Schwefelsäure mit Rohrzucker auf dem Wasserbade während je 6 Stunden in einem mittelst Baumwollstopfen verschlossenen Kolben. Der Rohrzucker wurde je vor Zusatz der Säure gelöst. Die Proportionen waren:

a)	25 gr. Zucker	+	8,5 gr. S O ₃ conc.	+	250 gr. aq. dest.	
b)	30 „	+	10 „	+	300 „	„
c)	35 „	+	5 „	+	150 „	„
d)	75 „	+	5 „	+	120 „	„
e)	100 „	+	5 „	+	95 „	„
f)	10 „	+	5 „	+	235 „	„ (2 Mal)

f) lieferte in dieser Zeit *nur Glycose*; d) und e) waren am ergiebigsten. Bei diesen Versuchen fiel mir ein Geruch nach Ameisensäure auf. Die Filtration geht bei reichlichem Gehalt an Glycose anfänglich — bei gewöhnlichem Druck — schwierig, nach dem Auswaschen derselben ziemlich schnell vor sich. Auch lässt sich der Niederschlag sehr gut dekantieren. Beide Erscheinungen können bei aus Torf gewonnenen Ulminsubstanzen nicht beobachtet werden und deutet dies schon auf einen verschiedenen Aggregatzustand hin; das körnige Sacculmus zeigt eben eine viel kleinere Flächenanziehung als das aus kleinsten Flimmerchen bestehende Kaliumulmiat. Das gewonnene Sacculmin ist mehr oder weniger chokoladebraun, färbt trocken leicht ab, fühlt sich wie weicher Kork oder Hollundermark an. Je nach den gewählten Proportionen ist auch das Verhältniss der beiden Bestandtheile, der in kalter 5 % K O H löslichen Ulminsäure und dem in diesem Fluidum unlöslichen Sacculmin; so besteht z. B. das bei c) erhaltene Produkt aus fast reinem Ulmin.

Das Sacculmus besteht, wie *Sestini* zuerst beobachtet hat, aus scharf begrenzten, gelbbraunen Kügelchen, an denen ich selbst mit guten Immersionslinsen keine Differenzirung beobachten konnte. Sie haben einen Durchmesser von $\frac{1}{600}$ — $\frac{1}{150}$ mm; gewöhnlich herrschen $\frac{1}{500}$ — $\frac{1}{300}$ vor; bei grösserem Zuckergehalt wie bei d) u. e) herrschten $\frac{1}{300}$ — $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{150}$ vor. (Für die folgenden Versuche *Fig. 7.*) Wie ich mich überzeugte, vertreten diese verschiedenen Grössen nicht verschiedene Stoffe, sondern sind äquivalent mit kleinern und grössern Krystallen, die sich in derselben Mutterlauge gebildet haben. Sie entstehen nämlich nicht sogleich in dieser Grösse, sondern beginnen — wie ich durch Prüfung fortlaufender Proben, die ich der Mischung während des Erwärmens entnommen, wahrnehmen konnte — mit *Körnchen, welche mindestens so klein sind, wie die oben vom Torf beschriebenen, d. h. von $\frac{1}{1000}$ — $\frac{1}{1100}$ mm Durchmesser, und vergrössern sich successive, wahrscheinlich durch Apposition. Immer beobachtet man eine Vereinigung von Kügelchen zu Conglomeraten der mannigfaltigsten Form, d. h. dieselbe Erscheinung wie ich sie von den Ulminkügelchen von *Alnus incana* innerhalb des Torfes beschrieben habe.*

Es verkleinern ferner die Körner ihr Volumen beim Eintrocknen und sie können durch Druck in dieselben Quetschformen verwandelt werden wie jene aus Gerbstoff entstandenen Kügelchen.

Reaktion mit 5 % K O H und H Cl:

Lässt man bei einem mikroskopischen Präparat von der Seite langsam 5 % K O H unter das Deckglas fliessen, so beginnen die kleinen Körner eine lebhafte tanzende Bewegung und sich zu lösen; die grösseren quellen auf und erblassen und zwar zuerst in der peripherischen Schicht der Kugel, so dass dieselbe einen blass rost-

gelben Saum und gelbbraunen Kern zeigt, der zuletzt ebenfalls erblasst. (*Fig. 8 und 9*). Was die Conglomerate betrifft, so quellen sie manchmal zuerst auf die angedeutete Weise auf und trennen sich dann oder trennen sich vor der Quellung oder quellen überhaupt, ohne den Verband zu lösen. Die gequollenen Körner sind so blass, dass sie in der Lösung des Kaliumulmiates fast nicht mehr als abgegrenzte Körper zu erkennen sind. Auf Zusatz von Salzsäure sieht man eine Ulminsäurewelle sich durch das Gesichtsfeld bewegen und *die gequollenen Kügelchen wieder auf ihr ursprüngliches Volumen zusammenziehen*. Diese Quellung und Schrumpfung kann man eine beliebige Anzahl Mal wiederholen. Waren die Kügelchen in stark conglomeratischem Verbande, so erhält man die reizendsten Bilder, die man unter dem Mikroskop sehen kann. Die Erscheinung lässt sich am besten mit dem Ausschwärmen von Spinnen vergleichen, die eben aus dem Eiknäuel nach allen Richtungen gleichmässig auswandern und die wieder, wie auf Kommandowort, sich in ein Häufchen vereinigen würden.

Ich habe mich vergeblich bemüht, unter den (grössern) Kugeln eine scharfe Gruppierung in leicht und schwierig quellbare resp. lösliche oder in Sacculminsäure- und Sacculminkügelchen zu erkennen. Schon *Sestini* zeigte, dass die reine Sacculminsäure wie Sacculus und Sacculmin aus Kügelchen bestehen kann, welche allerdings sehr klein waren ($\frac{1}{1000}$ mm). Grosse sowohl wie kleine Kügelchen geben an 5 % KOH mehr oder weniger Säure ab und glaube ich, *dass die Sacculmuskügelchen gewöhnlich aus beiden Stoffen zugleich bestehen*. Das Verhältniss der beiden Componenten wird abhängig sein von der schneller oder langsamer ulmifizirenden Einwirkung der Schwefelsäure auf die Saccharose als solche oder auf die daraus entstandene Glycose. Die kleinen Kügelchen sind häufig reine Sacculminsäure, oft aber Sacculmin d. h. gegen 5 % KOH ziemlich resistent.

Bei wiederholten mikrochemischen Untersuchungen dieses Sacculus beobachtete ich als Regel, dass die Körner durch fortgesetzte Behandlung mit KOH + HCl empfindlicher wurden, d. h. viel prompter die Quellung und Schrumpfung zeigten, wobei jeweils wieder eine kleine Menge Ulminsäure ausgefällt werden konnte. Dies erklärt sich aus der von *Mulder* zuerst entdeckten Fähigkeit des KOH, *Ulmin in Ulminsäure überführen zu können*, namentlich bei höherer Temperatur.

Ich habe diesen Vorgang genauer verfolgt, indem ich das ganze durch Versuch *e*) gewonnene Sacculmin in sechs aufeinanderfolgenden Stadien je 1—1 $\frac{1}{4}$ Stunden mit 5 % KOH auf dem Wasserbade oder zum Kochen erhitzte, je filtrirte und den Rückstand mikroskopisch prüfte. Das Filtrat enthielt stets erhebliche Mengen Kaliumulmiat; der Rückstand bestand aus successive blasser und blasser

werdenden Kügelchen, welche gegen 5 % KOH + HCl sehr empfindlich reagierten, aber die physikalischen Eigenschaften nach und nach änderten; sie bekamen mehr und mehr zerfliessende Ränder, verleimten unter sich und begannen *gitterartige bis homogene Platten zu bilden*, d. h. den Aggregatzustand stark zu ändern, was deutlich in der stufenweise erschwerten Filtration zum Ausdruck kam.

Aber auch bei diesen Versuchen enthielt der Rückstand stets Kügelchen der verschiedensten Grösse, ein deutlicher Fingerzeig, dass diese weder für die Sacculmin- noch Sacculminsäure-Kügelchen charakteristisch ist. Diese Uebergangsform von Sacculmin in Sacculminsäure ist offenbar gleich der sacculmigen Säure von *Sestini*. *Demel* (l. c.) beobachtete, dass die KOH auch einen veränderten Einfluss auf die organische Substanz des Dopplerits ausübe! Von Bedeutung erscheint mir die Thatsache, dass das Sacculmin bei seiner Verwandlung in Sacculminsäure die körnige Form mit der homogenen plättchenförmigen vertauscht.

In Wirklichkeit entstehen aber homogene, plättchenförmige Ulminsäureformen von Anfang an und konstant während der Einwirkung der verdünnten Säuren auf den Zucker.

Sestini hat dies übersehen. Er betont, „niemals Lamellen oder Schüppchen“ beobachtet zu haben. Nun bildet sich aber *stets auf der Flüssigkeit und zwar schon während der ersten Stunde ein irisierendes Häutchen*, nicht elastisch oder zähe, sondern — obschon sehr zart — brüchig wie eine sehr dünne Wachshaut. Die Bruchstücke erscheinen unter dem Mikroskop hellgelbbraun, mit vielen kleinen anhängenden Sacculmuskügelchen bedeckt, quellen mit 5 % KOH, wobei sie sich ziemlich leicht und fast vollständig lösen und falten sich mit HCl wie ein zartes Tuch. Versuch e) liess mich die Genesis dieser Häutchen oder Plättchen erkennen; es zeigten sich nämlich auf der Flüssigkeit verschmolzene Konglomerate bis gitterartige und homogene Plättchen, entstanden aus kleinen $\frac{1}{300}$ — $\frac{1}{500}$ mm grossen Körnern, d. h. auf dieselbe Art wie bei der fortgesetzten Behandlung des Sacculmins mit KOH oder wie ich sie für die Ulminstoffe des Torfes beschrieben habe, d. h. *die künstlichen Ulminstoffe erscheinen in denselben Formen wie die bei der Vertorfung entstandenen.*

Diese zarten Plättchen werden beim Trocknen glänzend und reflektieren dann innerhalb des „erdigen“ Sacculmus das Licht wie Glimmerplättchen in Erde oder Lehm. Dies sind die „verschiedenen glänzenden Punkte“, welche *Sestini* in dem trockenen Sacculmus wahrgenommen hat.

Reaktion mit unterchlorigsaurem Kali.

Vollständige Lösung sämtlicher Körner, in der Weise, dass dieselben von der Peripherie aus mehr und mehr korrodirt werden,

in Stücke zerfallen und sich nun rasch — ohne Gasentwicklung — vollständig lösen.

Reaktion mit concentrirter Schwefelsäure.

Weitaus die meisten Körner, und bei längerer Einwirkung wol alle, werden langsam gelöst und in einen dunkeln Brei verwandelt (Humusstoffe.)

2. Versuch.

80 gr. amorpher *Traubenzucker*
 10 „ conc. SO_3
 160 „ aq. dest.,

wobei der Zucker zuerst gelöst wurde, werden 6 Stunden auf dem Wasserbade erwärmt. Ich erhielt wieder die homogenen Plättchen auf der Flüssigkeit und wie *Sestini wenig reine Ulminsäure*, aus einzelnen und verbundenen kleinen Körnern bestehend von $\frac{1}{700}$ — $\frac{1}{800}$ mm Durchmesser.

3. Versuch.

10 gr. *Reisstärke*
 20 „ conc. SO_3
 100 „ aq. dest.,

15 Stunden auf dem Wasserbade erwärmt; die Stärke wurde zuerst in Kleister verwandelt und dann die Säure zugesetzt.

- a) Nach sechsstündiger Einwirkung zeigt eine Probe aus der weingelben Flüssigkeit hellgelbbraune Flocken, auf welchen blassgelbbraune Körner von $\frac{1}{1000}$ mm liegen. Diese lösen sich in 5 % KOH und es bleibt eine blasse plasmaartige Masse, die sich als Kleister erweist.
- b) Nach 12 Stunden ziemlich viel gelbbraune Sacculminsäure-Körner.
- c) Nach 15 Stunden sind diese Körner reichlich vorhanden, gegen $\frac{1}{600}$ — $\frac{1}{800}$ mm gross, bilden zum Theil Conglomerate und lösen sich vollständig in 5 % KOH . Immer ist noch Kleister vorhanden. Die getrocknete Ulminsäure ist chokoladebraun.

4. Versuchsreihe. *Cellulose*, d. h. fein zerschnittenes schwedisches Filtrirpapier wird mit verdünnter SO_3 auf dem Wasserbade in folgenden Proportionen und Zeiten erwärmt:

a) 22 gr. Cellulose }
 8 „ conc. SO_3 } 6 Stunden.
 220 „ aq. dest. }

Ich erhielt eine schwach weingelbe, stark saure Flüssigkeit, in welcher keine Glycose nachzuweisen war. Mit Aetzammoniak oder 5 % Kali kann ein Körper ausgefällt werden, welcher ausgewaschen gallertartig und farblos ist, in reinem Aether, Alkohol, Wasser, Alkalien unlöslich, leicht löslich in Salzsäure, Essigsäure etc., reduziert eine alkalische Kupferlösung nicht, färbt sich mit frischem Jodalkohol bräunlich,

mit Chlorzinkjod gelbbraun, bräunt sich an der Luft allmählig etwas. Hydrocellulose?

b) 7,2 gr. Cellulose }
 35,0 „ conc. S O₃ } 6 Stunden.
 35,0 „ aq. dest. }

Die Baumwollfasern bleiben zum grössten Theil intakt, zum kleinern Theil bilden sie homogene, die ursprüngliche Form beibehaltende, gelbbraune Gebilde, welche aber nur pheripherisch ulmifizirt zu sein scheinen, da sie eine sehr geringe Quellung und Schrumpfung zeigen. *Ganz untergeordnet treten Conglomerate von homogenen, gelbbraunen, gut kontourirten Kügelchen* von $\frac{1}{800}$ — $\frac{1}{600}$ mm auf, aus denen durch 5 % K O H Ulminsäure gezogen wird, wobei die Conglomerate sich trennen. Ob sie ganz aus Ulminsäure bestehen, konnte ich wegen der zu starken Strömung nie scharf ermitteln.

c) 7,2 gr. Cellulose }
 35,0 „ conc. S O₃ } 19 Stunden.
 70,0 „ aq. dest. }

Viel unzersetzte Pflanzenfaser, daneben mehr oder weniger ulmifizierte Zellen und *Conglomerate* von Körnchen wie bei b); b) und c) sind sehr schwer zu filtriren; im Filtrat von c) fand ich Glycose.

5. Versuch.

Hypnum stellatum Schreb, in den obersten, gelbgrünen Theilen gewählt, sorgfältig gereinigt, fein geschnitten und getrocknet, dann während 30 Stunden mit Alkohol und Aether behandelt, wird nachher auf dem Wasserbade getrocknet und kommen zur Reaktion:

10 gr. Hypnum }
 8 „ conc. S O₃ } 13 Stunden.
 200 „ aq. dest. }

Die Reaktion scheint sehr langsam zu verlaufen; es sind die Blätter vollständig macerirt; der Zellinhalt schrumpft zu einer gelbbraunen, da und dort kugelig geballten Masse zusammen, welche mit Aether gebleicht wird, indem ein harzartiger gelblicher Farbstoff ausgezogen wird. Die Membranen sind hell, da und dort etwas körnig angefrissen und färben sich mit Chlorzinkjod violett (vgl. *Treffner*).

Nachdem die Schwefelsäure zu einer 20 % gesteigert worden, wird noch weitere 6 Stunden auf dem Wasserbade erwärmt; dadurch werden die Blattreste vollständig von den Stengelchen getrennt, viele Zellmembranen homogen ulmifizirt (Quellung und Schrumpfung) und zeigen sich *Conglomerate kleinster Körner* von ca. $\frac{1}{800}$ mm Durchmesser, welche mit 5 % K O H getrennt werden, worauf die Körner in tanzende Bewegung gerathen und sich lösen. Das Ganze liefert mit K O H ausgezogen und H Cl ausgefällt erheblich kaffeebraune Ulminsäure.

6. Versuchsreihe.

Rohrzucker wurde mit verdünnter Schwefelsäure in einer flachen Schale auf dem Wasserbade während je 6 Stunden erwärmt, *um den Einfluss der Luft zu prüfen*, in der Weise, dass die anfängliche Concentration durch Ergänzung des verdampften Wassers successive erhalten blieb.

- a) 75 gr. Saccharose
5 „ conc. S O₃
120 „ aq. dest.

Nach 1½—2 Stunden *beginnt sich die Flüssigkeit deutlich zu bräunen und zeigt sich nun von da an ein intensiver Geruch nach Ameisensäure*. Die Flüssigkeit ist mit einem irisirenden Häutchen bedeckt, welches dieselben Eigenschaften besitzt wie die oben beschriebenen. Der Brei ist schmierig, weil viel Glycose gebildet worden ist und filtrirt namentlich anfangs schwer. Der Rückstand besteht aus Kügelchen, die viel kleiner sind als bei dem in denselben Proportionen angestellten Versuch 1 d), nämlich mit durchschnittlichem Durchmesser von 1/600 mm; sie bilden Conglomerate, zeigen Quellung und Schrumpfung und werden dabei theilweise getrennt und gelöst.

Dieses Sacculus ist getrocknet hellgelbbraun und enthält da und dort glänzende schwarze Punkte.

- b) 75 gr. Rohrzucker
30 „ conc. S O₃
120 „ aq. dest.

Starke Entwicklung von Ameisensäure, irisirendes Häutchen und Körner von derselben Form und Grösse und demselben Verhalten gegen K O H und H Cl. Getrocknet hellgelbbraun.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe unterscheiden sich in dreifacher Beziehung von denjenigen der früheren:

- 1) Durch starke Entwicklung von Ameisensäure.
- 2) Durch Bildung von gleichgrossen kleineren Körnern.
- 3) Durch die hellgelbbraune Färbung des Sacculus gegenüber dem chocoladebraunen der ersten Reihe, auch als Pulver. Bei beiden Versuchen 6 a) und b) bildete sich in Niveauhöhe an der Schale eine Kruste, welche sich als eine Huminverbindung erwies.

7. Versuchsreihe. Behandlung von Zucker und Cellulose mit conc. S O₃.

a) Rohrzucker wird mit conc. S O₃ begossen, indem das Gefäss in einer Mischung von Schnee und Wasser steht, nachher während 20 Stunden bei einer mittleren Temperatur von 15° C. sich selbst überlassen. Schon nach 12 Stunden entwickeln sich Gasblasen, die allmählig platzen; ein mittelst des Stopfens in das Gefäss gehängtes Lakmuspapier wird in 15 Minuten total geröthet; ich kann keinen

Geruch weder nach Ameisensäure noch nach schwefliger Säure bemerken. Die Masse besteht aus feinsten Flimmerchen, ist daher ohne Druck sehr schwer zu filtriren und liefert getrocknet einen schwarzen glasglänzenden Körper von muscheligen Bruch und Härte 2,5, dessen Splitter unter dem Mikroskop Quellung und Schrumpfung zeigen und von dem 5 % KOH bei gewöhnlicher Temperatur etwa $\frac{1}{3}$ löst. Pulver gesättigt schwarz. Humin und Huminsäure.

b) In einem kleinen Kolben, der in einem Wasserbade steht, werden 7 gr. pulverisirter Rohrzucker mit 35 gr. conc. SO₃ begossen. Anfangstemperatur $+ 17^{\circ}$ C.; bei 47° C. beobachtete ich Bläschenbildung; Lakmuspapier beginnt sich zu röthen; bei 52° C. beginnen die schwimmenden Massen sich aufzublähen. Daher wird der Kolben entfernt und der Inhalt unter Abkühlung mit aqua destillata verdünnt, nachher ausgesüsst. Das Produkt besteht in dem dick-gallartigen Theile vorherrschend aus feinkörnigen oder flimmerigen Massen, in dem schwach aufgetriebenen aus gelbbraunen, dichten und homogenen Splittern. Beide zeigen Quellung und Schrumpfung wiederholt und geben erst beim Erwärmen mit 5 % KOH erheblich schwarzbraune Lösung. Getrocknet ist der Körper matt, schwarz und liefert ein gesättigt schwarzes Pulver: Humin und Huminsäure.

c) In einem in einer Mischung von Schnee und Wasser stehenden Kolben mit 7 gr. fein zerschnittenem schwedischem Filtrirpapier werden 35 gr. conc. SO₃ gegossen und nachher auf dem Wasserbade erwärmt. Anfangstemperatur 22° C.; bei $59-60^{\circ}$ C. deutliche Röthung eines hineingehängten Lakmuspapiers. (Das sich entwickelnde Gas kann ich per Geruch nicht erkennen.) Die Masse beginnt sich aufzublähen; daher wird der Kolben entfernt und verfahren wie bei b). Unter dem Mikroskop ebenfalls zarte Flimmerchen, *feinste Körnchen*, dann krümelige und homogene Plättchen, welche wiederholt Quellung und Schrumpfung zeigen; im aufgeblähten Theil braune Splitter, zum Theil löslich in KOH. Pulver gesättigt schwarz: Humin und Huminsäure.

d) Wurden Cellulose oder Rohrzucker stärker erwärmt als in b) und c), so begann die Masse sich lebhaft aufzublähen und reichlich schweflige Säure zu entwickeln. Man bekommt dann eine sehr poröse, trockene, stark sauer riechende und an der Luft Feuchtigkeit anziehende Masse, welche sich nach dem Aussüssen rauhfühler lässt. Sie liefert also durchaus keinen plastischen Körper, auch nicht, wenn sie mit Wasser zu einem Brei angerieben wird, wie Kaufmann (l. c.) beschreibt. Unter dem Mikroskop zeigt dieses Produkt das Aussehen von Kohlensplittern, da und dort Löcher von entwichenen Gasblasen, durchscheinend bis kantendurchscheinend; ich konnte nie mit 5 % KOH und HCl eine Quellung und Schrumpfung beobachten.

Es färbt KOH kaum, löst sich aber gut in unterchlorigsaurem Kali. Pulver schwarz. Es ist dieses Produkt weder Humin noch Huminsäure, sondern ein kohlenstoffreicherer Körper. Es wird mithin bestätigt, was *Mulder* schon betont hat, dass conc. SO_3 bei niedriger Temperatur aus Zucker und Cellulose Humusstoffe liefert, bei höherer Temperatur ganz anders zusammengesetzte Körper. Ob hierbei Kohlensäure entwickelt worden, ist noch nicht entschieden, aber wahrscheinlich.

Diese Versuche lehren:

- 1) *Ulminstoffe mit verdünnten Säuren aus Rohrzucker, Traubenzucker, Stärke, Cellulose, Moosen dargestellt, bilden primär feinste Kügelchen, welche wachsen und sekundär durch Verschmelzung homogene Plättchen liefern, wodurch sie mit den im Torf beobachteten übereinstimmen.*
- 2) *Die Kügelchen bestehen bald aus reiner Ulminsäure, bald aus reinem Ulmin, je nach dem Rohmaterial und den nähern Bedingungen; häufig sind sie ein Gemenge beider mit stärkerer oder schwächerer Prävalenz einer der beiden Componenten.*
- 3) *Immer zeigen die Körner und Plättchen mit kalter 5 % KOH eine Volumenvergrößerung und mit darauf folgendem Zusatz von HCl eine Schrumpfung wie die natürlichen Ulminstoffe des Torfs, wobei die Ulminsäure gelöst, das Ulmin mehr und mehr empfindlich gemacht und allmählig in Ulminsäure verwandelt wird, indem sie die körnige Form mit der homogenen vertauscht.*
- 4) *Die krystallisirten und krystallinischen organischen Körper werden aus naheliegenden Gründen rascher und gleichmässiger ulmifizirt als die amorphen. Die Membran der Laubmoose (*Hypneen*) widersteht auch der künstlichen Ulmifikation länger als die gewöhnliche Cellulose.*
- 5) *An offener Luft bildet sich bei der Ulmifikation viel Ameisensäure zum Nachtheil der Grösse der Ulmuskügelchen und ein helleres Produkt als bei mangelhaftem oder verhindertem Luftzutritt.*
- 6) *Concentrirte Säuren wandeln Zucker und Cellulose in der Kälte in Humin und Huminsäure um unter Entwicklung eines sauren Gases. Die beiden Körper bilden dabei feinste Körnchen bis kleine homogene Plättchen.*
- 7) *Wird dabei die Temperatur von 52—60° C. überstiegen, so tritt energische Bildung von schwefliger Säure ein und entsteht eine kohlenstoffreichere Verbindung, welche mit den Huminstoffen nichts als die Farbe gemein hat.*

Von besonderem Interesse ist die Entstehung von Ameisensäure. Nach *Sestini*, welcher die chemische Seite dieser Frage aufmerksam

verfolgt hat, ist die „Elimination einer Formylverbindung und wahrscheinlich einer geringen Quantität anderer ähnlicher flüssiger Verbindungen“ allgemein. Es lehren nämlich diese Ergebnisse, dass auch bei der künstlichen Ulmifikation nicht bloß Wasser, sondern Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff abgeschieden werden.

Mit kalter 5 % KOH gewinnt man aus dem Sacculus oder Sacchumus die entsprechenden Säuren und werden die restirenden Sacculmin und Sacchumin beim Erwärmen mit diesem Reagens in die Säuren verwandelt. Ob diese Säuren identisch sind, oder ob es Ulminsäuren und Ulmine, Huminsäuren und Humine gibt, ist nicht entschieden. Ebenso nicht, ob je Ulmin und Ulminsäure, Humin und Huminsäure isomer sind und ob, was wahrscheinlich ist, die Huminstoffe aus den ersteren durch Oxydation hervorgehen.

Leider müssen die Elementaranalysen *Mulder's* unberücksichtigt bleiben, seitdem *Sestini* dargethan, dass bei der Temperatur, bei welcher *Mulder* die Produkte getrocknet, eine Zersetzung der Ulminstoffe eintritt. Hier liegt noch ein grosses und schwierig zu bebauendes Arbeitsfeld offen. Die präparirten Ulmin- und Huminsäuren, Ulmine und Humine bestehen nämlich aus Flimmerchen und Plättchen und filtriren deshalb bei gewöhnlichem Druck sehr langsam. Wer hiemit quantitativ arbeiten will, hat nach meiner Erfahrung sehr darauf zu achten, dass unter grösserem Druck, mit Erwärmung, in möglichst kohlenstofffreiem Raume möglichst rasch gearbeitet werden kann, sonst werden — wie die Prüfung mit dem Mikroskop lehrt — Kalisalze zurückgehalten oder gebildet, welche wegen der gewaltigen Flächenanziehung der Flimmerchen sehr schwer auszuwaschen sind. *Mulder* hat wiederholt darauf aufmerksam gemacht, dass die Ulmin- und Huminsäure gerne Ammoniak zurückhalten. Uebrigens fand *Sestini* für die Sacculmussäure und das Sacculmin einen Aschengehalt von beziehungsweise 1,2—1,3 % und 0,75—3,4 %, wesentlich aus Kaliumcarbonat bestehend.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass es eine Ulmingruppe und eine Humingruppe gibt, welche in ihren einzelnen Formen qualitativ schwer von einander zu unterscheiden sein werden. Es ist mir weder für die künstlichen noch für die im Torfe vorkommenden Ulmin- und Huminstoffe gelungen, wie ich bereits vielfach hervorgehoben habe, unterscheidende mikrochemische Reagentien zu finden. Beide zeigen die oft beschriebene Quellung und Schrumpfung, die ich sowohl für Produkte des Torfes als der künstlich dargestellten, als Theile von Moorerde, Tschernasem etc.* beobachtet habe. Dass die Ulminstoffe eine gelbbraune, die Huminstoffe eine schwarzbraune

* Von Dr. *Krantz* in Bonn bezogen.

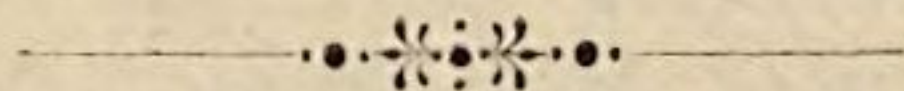
Lösung oder entsprechenden Niederschlag geben, ist deshalb nicht gut zu verwerthen, weil concentrirte Lösungen der ersteren denselben Eindruck in einem Reagirglase machen wie verdünnte Lösungen der letzteren. Als brauchbare Erkennungsmittel bleiben vorläufig nur:

- a) Der Farbenunterschied in Pulverform, wobei ich mich stets bemüht habe, die Stoffe so fein zu zerreiben, dass keine reflektirenden Splitterchen störend einwirken konnten. Legt man die Pulver auf weisses Papier, so zeigen die Ulminstoffe Nüancen von braun, Huminstoffe aber erscheinen stets braunschwarz bis gesättigt schwarz. Gerade jene Nüancen deuten auf Differenzen innerhalb der Ulminreihe und diese werden auch bei der Humingruppe bestehen, aber nicht so gut zum Ausdruck kommen können.
- b) Die Behandlung mit conc. SO_3 bei gelinder Wärme. Die Ulminstoffe werden schwarz, die Huminkörper bleiben unverändert.

Die aus dem Torf abgeschiedenen Humusstoffe unterscheiden sich von den künstlich erhaltenen durch den Gehalt an Stickstoff und dadurch, dass sie in Alkohol und Wasser wenig löslich sind und es ist anzunehmen, dass sie bei den komplizirten Verhältnissen eines Moores, nach seiner pflanzlichen und mineralischen Zusammensetzung, einst als eine Reihe verwandter Verbindungen nachgewiesen werden.

Ulmiat und Humat, Ulmin und Humin, Ulminsäure und Huminsäure in homogener Form oder in feinen Flimmerchen ausgefällt, die sich innig aggregiren können, geben eine Masse, welche feucht etwas elastisch sein kann. Beim Trocknen schwindet sie bedeutend, wird schwarz, glasglänzend, hart und zeigt schönen muscheligen Bruch.

Die Splitter sind an den Kanten gelbbraun, durchscheinend und lösen sich als Säure oder Ulmiat und Humat in 5 % KOH relativ leicht, als Ulmin oder Humin nur allmählig, Quellung und Schrumpfung zeigend.



IV.

Der Dopplerit (Haidinger).

(Torfpechkohle Gumbel.)

Um über das Wesen dieser durch Bergrath *Doppler* und *Schrötter*⁵⁰⁾ zuerst aus Aussee bekannt gewordenen und von *Haidinger*⁵¹⁾ in die Mineralogie eingeführten Substanz völlig klar zu werden, schien mir nicht bloß nothwendig, von den verschiedenen bis dato bekannten Fundorten *frisches Material* zu untersuchen, sondern überhaupt die Torfmoore und den Torf genetisch zu studiren. Die Entwicklungsgeschichte derselben habe ich bereits nach meinen Beobachtungen dargelegt und kann ich mich daher über den Dopplerit sehr kurz fassen.

Er stellt die massenhafte Bildung homogener Ulminverbindungen dar.

Die Bilder, welche Schnitte durch frischen Dopplerit unter dem Mikroskop bieten, werden erst verständlich durch die Bekanntschaft mit den Vertorfungsbildern überhaupt. Man erkennt dann alle möglichen Uebergänge von dem unversehrten Pflanzentheil bis zum ausgebildeten Dopplerit. Die Kontaktstellen sind meist körnig. Radicellenreste sind von Körnerstrassen begleitet; da und dort ist ein Faserwürzelchen unversehrt von homogener Ulminmasse umschlossen. Die Beschreibung dieser mannigfaltigen Verhältnisse wird am besten durch ein zusammengesetztes Idealbild ersetzt (*Fig. 10*).

Der reife Dopplerit erscheint gleichmässig schwarz, ausserordentlich fein elastisch, gelée- bis gallertartig („wie Leber“) und daher schon in dieser Beziehung sehr gut von Elaterit oder Ozokerit zu unterscheiden. Unter dem Mikroskop erkennt man eine homogene gelbbraune Substanz, durchscheinend wie dünne, aufgeweichte Gutta-perchahaut. Der unreife Dopplerit ist körnig, daher in seinem gesamten optischen Verhalten von dem vorigen verschieden, nämlich mehr oder weniger leberbraun bis rostgelb und bei starkem Wassergehalt gallertartig. Beide können nebeneinander vorkommen; der letztere erscheint in der Regel nur in kleiner Menge und ist wegen seiner sehr feinen Elastizität und den Eigenschaften im trockenen Zustande leicht von Lebertorf zu unterscheiden.

Man wird innerhalb der Doppleritschnitte unter dem Mikroskop fast immer parallele Reihen von Haarspältchen entdecken. Ich glaubte anfänglich, darin eine Art „konstitutive Capillarstruktur“ zu erkennen und darin die grosse wasserzurückhaltende Kraft zu finden, da wirklich da und dort im unreifen Dopplerit in Längsreihen angeordnete Spältchen zu beobachten sind, wenn z. B. Prosenchymzellen vor der Ulmifikation getrennt waren. Indessen überzeugte ich mich, dass die eigentlichen Haarspältchen nicht präexistieren, sondern selbst bei Anwendung einer frischen Klinge durch das Schneiden erzeugt werden, indem eben die erforderliche reiche Benetzung nicht lange beizubehalten und damit eine Adhäsion und ein Zerreißen nicht zu vermeiden sind. Ich fand sie selbst bei stark entwässertem Dopplerit wieder. Wären sie nun präexistierende Räume, so müsste man den Wassergehalt desselben bereichern können, was nicht möglich ist.

Dagegen ist ein Merkmal typisch und durch die Entwicklungsgeschichte hinreichend zu erklären. Der Dopplerit sämtlicher bis jetzt bekannt gewordenen Fundorte zeigt auf Schnitten Reihen oder Häufchen von kreisförmigen, ovalen, länglich-elliptischen bis bandförmigen blassen Räumen mit körnigem Inhalt. Diese Figuren stellen Schnittflächen von sehr spät körnig umgewandelten Haarwürzelchen und Wurzelhaaren von Cyperaceen dar, denselben Pflanzentheilen, welche hie und da innerhalb des Dopplerits noch intakt geblieben sind. Diese körnigen Gebilde sind also präexistente, d. h. nicht durch den Druck oder die Adhäsion beim Schneiden hervorgerufen worden. Ich fand sie im Dopplerit, welcher durch Frost 35 % Wasser verloren, in solchem, der seit 1½ Jahren im Keller aufbewahrt, 62 % seines Wassergehaltes eingebüsst hatte und in lufttrockenem aber durch längeres Liegen in Wasser peripherisch etwas schneidbar gewordenem Material.

Ausser eines Stengelstückes von *Alnus incana* in frischem Dopplerit von Aussee habe ich keine grösseren organischen Einschlüsse in demselben gefunden. Die mikroskopische Untersuchung der Asche zeigt, dass Quarz- und Glimmerblättchen eingeschlossen sein müssen, obschon diese sehr selten in frischem Material zu beobachten sind. Dagegen entdeckte ich in einer Probe von Gonten, die auf dem Untergrunde ruhte, sehr gut ausgebildete Krystalle von Gyps nach ∞ P. P. ∞ P ∞ , welche Herr Prof. Dr. *Kenngott* zu bestimmen die Güte hatte; ihr Längsdurchmesser betrug $\frac{1}{120}$ — $\frac{1}{30}$ mm.

Nach *Loretz*⁵²⁾ gehört Gyps zu den häufigsten Einschlüssen in den fossilen Brennstoffen. Entweder entstand das Calciumsulphat erst innerhalb des Dopplerits oder — was wahrscheinlicher ist — es war bereits vorhanden als die Ulmifikation des Torfes ein sehr zartes, wasserreiches Produkt lieferte. Dass nämlich frischer, sehr

elastischer Dopplerit wenig von einer Salzlösung aufnimmt, zeigt folgender Versuch: Ein Stück Dopplerit wurde den 10. Mai bis 15. August in einem verschlossenen Gefäss in einer klaren Lösung von reinem Eisenvitriol aufbewahrt; bald entstand auf der Oberfläche Eisenoxydhydrat, aber in einer Tiefe von 2 mm zeigte das Mineral einen ganz geringen Gehalt an Schwefelsäure.

Der Dopplerit ist in physikalischer Beziehung bereits genügend beschrieben. Frisch und gelatinös zeigt er mehr oder weniger Fettglanz, ist schwarz, elastisch, nicht klebrig und geruchlos. Bruch muschelartig und oft „die schönsten blumenartigen Zeichnungen“ zeigend, wie bereits *Haidinger* betont hat. Diese Figuren sind es offenbar, in welchen *Bergrath Doppler* „sehr schöne Abdrücke von Farrenkräutern und andern Pflanzen“ zu erkennen glaubte. Wassergehalt bei 100° C. bestimmt — 87,2 % (sehr gelatinös) — 86,8 % — 85,2 % — 82,4 % — 76,1 % $H = 0,5$; Gew. = 1,0504—1,052 (ganz frisch); 1,1139 für Dopplerit, der in Papier gewickelt während 9 Monaten im Keller aufbewahrt worden — *Pechtorf* nach *Vogel*⁵³) 0,639—1,039. Frisches Coniferenholz aus der interglacialen Schieferkohle von Mörschwyl bei St. Gallen 1,088, frische Kohle 1,162. Das Wasser wird von der Substanz so innig zurückgehalten, dass es — aus einigen Versuchen zu schliessen — unmöglich sein wird, dasselbe *durch Druck* nur zum grössten Theil zu entfernen. Bedarf es doch einer ganz ungeheuren Kraft, um Torf, wenn er einmal auf 40 % entwässert ist, auch nur einige Prozente zu entreissen (*Vogel* l. c.)

Durch Frost können von frischem Dopplerit erhebliche Quanta entfernt werden:

- a) 1. Mittelwerth für 3 Proben, die während 2 Nächten Temperaturen von -7° C. und $-3,5^{\circ}$ exponirt waren 37 %
2. Frischer Dopplerit bei -13° C. verlor . . . 42,6 %
(Geronnenes Eiweiss bei derselben Temp. 47,6 %)
- b) 1. Lufttrockener D. bei -7° C. = 7,16 gr. — 7,16 gr. = 0,0 %
2. „ „ „ -13° C. = 7,04 gr. — 7,04 gr. = 0,0 %

(Die Proben bestanden je aus ganzen Stücken.) Der gefrorene Dopplerit ist von zahlreichen Eislamellen durchzogen, erscheint durch diese gleichsam radial-krystallinisch, auf der Oberfläche dendritisch gezeichnet und irisirt prächtig wie Glanzkohle. Beim Aufthauen zerfällt er in zahlreiche Stückchen, welche zwischen sich das entstandene Wasser stark zurückhalten. Es ist selbstverständlich, dass der Dopplerit ein viel grösseres Schwindmaass zeigt als der beste Torf. Erfolgt das Trocknen rasch, so verhält er sich wie beim Aufthauen; man erhält dagegen grosse zusammenhängende Stücke, wenn das Wasser allmählig entfernt wird. Hiebei wird die Seite des getrockneten Minerals, welche stets der Luft ausgesetzt war, matt oder

etwas rauh („in den durchs Austrocknen entstandenen Hohlräumen etwas getropft“ — *Gümbel*). Die Bruchflächen dagegen haben *starken Glasglanz* und sind schwarz; Bruch *ausgezeichnet muschelig*, Stücke *scharfkantig* — daher wird der Dopplerit von den Torfstechern in Gonten und Rothenthurm „s'Gläsig, a gläsige Stoff“ genannt — kantendurchscheinend oder in dünnen Splittern durchscheinend, röthlichbraun oder gelbbraun. $H = 2,5$; *Gew.* 1,39—1,439—1,466 nach *Kaufmann*, *Gümbel* und *Fötterle*. Strich braun. Brennt kaum mit Flamme oder nur mit kleiner kurz dauernder Flamme. Das Verhalten des Dopplerits gegen Wasser und andere Flüssigkeiten haben namentlich *Kaufmann* und *Mühlberg* geprüft und kann ich deren Beobachtungen bestätigen.

In Wasser gelegt kann das Mineral oberflächlich etwas davon einsaugen, dadurch hier das Volumen etwas vergrössern und daher bersten. Dabei wird er oberflächlich schneidbar. Lufttrockener zerkleinerter Dopplerit hatte aber nach 4 Monaten aqua dest. nicht verändert, während in derselben Zeit eine Probe, die zuerst bei $-11,5^{\circ} \text{C.}$ etwa 33 % Wasser verloren, aqua dest. gelblich färbte, so dass etwas in Lösung übergegangen sein musste.

Das Verhalten des lufttrockenen etwa 33 % Wasser enthaltenden Dopplerits im gesättigten Wasserdampf von durchschnittlich 15°C. zeigt folgender während 4 Wochen ausgeführter Versuch:

Wasseraufnahme nach der 1. Woche	18,3	%
„ „ „ 2. „	2,2	%
„ „ „ 3. „	1,95	%
„ „ „ 4. „	0,18	%
	22,63	%

Das Stück hatte um 8,365 gr. — 6,77 gr. = 1,595 gr. = 22,56 % zugenommen. Die Aufnahme von Wasser in der dritten und vierten Woche ist namentlich der grösseren Oberfläche zuzuschreiben, womit das inzwischen etwas zerfallene Stück arbeiten konnte und innerhalb der vierten Woche etwas anhängendem condensirtem Wasser, das ich aus andern Gründen nicht entfernen wollte. Die Absorption von Wasser fand also hauptsächlich in der ersten Woche statt und betrug das Hundertfache von dem in der vierten Woche aufgenommenen Quantum.

Frischer Dopplerit mit destillirtem Wasser digerirt, gibt etwas gelöste Materie ab. Dieser Umstand veranlasste mich, nach den üblichen Methoden auf den Gehalt an Quellsäure oder Quellsatzsäure zu prüfen, doch blieb diese Untersuchung resultatlos. Das Wasser hatte freie Ulminsäure und lösliches Ulmiat ausgezogen.

Nach *Gümbel* konnte man aus dem Dopplerit vom Dachlmoos mit wässrigem und absolutem Alkohol je ein Harz abscheiden. Ich

arbeitete mit frischem Dopplerit von Gonten, den ich zerrieb und mit starkem Weingeist während 6 Tagen in einem verschlossenen Gefässe bei 16° C. behandelte. Die tiefbraune Lösung wurde abfiltrirt und an der Sonne eingedampft. Allein der Rückstand bestand aus schwarzer, glänzender, spröder und körnig-homogener Ulminsäure; mit Steinöl erhielt ich eben so wenig als *Gümbel* harzartige Körper. (Aus lufttrockenem pulverisirtem Dopplerit!)

Alkalien lösen namentlich in der Wärme die homogenen, nicht organisirten, organischen Bestandtheile des Dopplerits auf. *Kaufmann* und *Mühlberg* scheinen dabei allein die zuerst eintretende Volumenzunahme beobachtet zu haben, welche nach früherem den Körpern der Ulmin- und Humingruppe allgemein zukommt. Mikrochemisch zeigen daher die Doppleritsplitter die bekannten Quellungs- und Schrumpfungerscheinungen.

Frischer Dopplerit wird schon bei niederer Temperatur allmählig von Alkalien gelöst; ich beobachtete dies an kleinen Proben, die je während 10 Tagen mit 5 % KOH in Reagirgläsern behandelt wurden, welche in einer Mischung von Schnee und Wasser standen.

In 48 Stunden wurden Stücke von frischem Dopplerit bei einer durchschnittlichen Temperatur von $6-7^{\circ}$ C. in 5 % KOH vollständig gelöst. Dopplerit, der zuerst bei -3° C. etwas entwässert worden, war nach einer Woche bei $6-7^{\circ}$ C. in 5 % KOH gelöst. Die alkalische Lösung ist gelbbraun und liefert mit HCl reine *Ulminsäure*, welche in sehr viel Wasser löslich ist und beim Trocknen dieselben glänzenden Stücke liefert wie der Dopplerit selbst. Das Doppleritpulver ist braun, etwas tiefer als die meisten Saccalmusproben; conc. SO₃ verwandelt dasselbe bei gewöhnlicher Temperatur in einen schwer fliessenden Brei von Huminsäure und nach und nach in Humin, das von KOH wenig angegriffen wird. Beim Erwärmen mit conc. SO₃ entwickelt sich schweflige Säure, und es entstehen jene schwarzen Körper, wie sie oben bei der Behandlung von Zucker, Cellulose etc. mit conc. SO₃ besprochen wurden.

Der Dopplerit gehört somit zu den Ulminkörpern und zwar sind diese mit etwas Stickstoff gemischt, da in der Regel Doppleritpulver mit Kalilauge Ammoniak entwickelt wie der Torf. *Demel* und *Mayer* haben stickstofffreie Qualitäten von Aussee und Gonten gefunden (s. u. die Tabelle).

Nie habe ich Huminsäure oder Humin aus dem Dopplerit abscheiden können.

Was *Sestini* für das Saccalmus entdeckte, hat *Demel* zuerst für den Dopplerit beobachtet, nämlich die beginnende Zersetzung bei über 120° C.

Von grosser Wichtigkeit ist die zuerst von *Kaufmann* und *Mühlberg* hervorgehobene Thatsache, dass Kalilauge, welche mit erheblichen Mengen Doppleritpulver behandelt wird, sich etwas erwärmt und aus der Luft keine Kohlensäure aufnimmt, woraus sich ergibt, dass die organische Substanz des Dopplerits eine Säure oder ein Gemenge von Säuren ist. Wie bereits erwähnt, gehören sie zur Ulminreihe. *Demel* ist geneigt, für eine derselben die Formel $C_{12} H_{12} O_6$ aufzustellen. Diesem Chemiker gebührt das Verdienst, nachgewiesen zu haben, dass der Kalk des Dopplerits an die organische Substanz gebunden sei, wie *Wiegmann* und *Websky* für den (kalkreichen) Torf gefunden haben, und dass man den Dopplerit „als das Calciumsalz einer oder mehrerer Säuren der Reihe der Humussubstanzen“ betrachten kann.

Die reinweisse bis gelblichweisse Asche des Dopplerits heben sämtliche Forscher hervor, die sich mit diesem Mineral beschäftigt haben. Ihre Menge ist selbst für Proben derselben Lokalität sehr verschieden:

Aussee	5,1 ‰	<i>Demel.</i>
„	5,86 ‰	<i>Schrötter.</i>
„	6,5 — 7,0 ‰	<i>Haidinger.</i>
Dachlmoos	3,39 ‰	<i>Herz.</i>
Gonten	4,2 ‰	<i>Mayer.</i>
„	4,42 ‰	<i>Fleischer.</i>
Obbürgen	5—14 ‰	<i>Kaufmann</i> und <i>Mühlberg.</i>

Es verhält sich also in dieser Beziehung der Dopplerit wieder wie der Torf; seine Bildungsweise bedingt es und gelten die oben entwickelten allgemeinen Sätze über den Aschengehalt vertorfte Substanzen auch für dieses Material. Das Mikroskop lehrt, dass der Asche mehr oder weniger in Säuren unlösliche Mineralsplitter als Quarz, Glimmer, Hornblende, Kaolinkörner beigemengt sein können, welche natürlich nicht an die Ulminsäure gebunden waren. Die gelbliche Farbe der Asche rührt von etwas Eisenoxyd her. *Gümbel* hebt zuerst hervor, dass die weisse Asche „vorzugsweise aus Kalkerde, daneben aus Eisenoxyd und Spuren von Bittererde und Phosphorsäure“ bestehe. *Schuler* (*Demel* l. c.) hat dann zuerst eine quantitative Analyse der Asche des lufttrockenen Dopplerits von Aussee gegeben. Herr Dr. *Fleischer*, Dirigent der Moor-Versuchsstation in Bremen, hatte die ausserordentliche Güte, mir eine solche von frischem Dopplerit von Gonten zu besorgen.

	Gonten.	Aussee.
Aschenmenge	4,42 ‰	5,1 ‰
K ₂ O	1,05 ‰	{ 0,99 ‰
Na ₂ O	0,66 „	

	Gonten.	Aussee.
Ca O	74,19 ⁰ / ₀	72,67 ⁰ / ₀
Mg O	5,58 „	2,03 „
Fe ₂ O ₃	8,52 „	{ 12,02 „
Al ₂ O ₃	—	
P ₂ O ₅	0,96 „	—
S O ₃	8,45 „	4,36 „
Si O ₂	0,59 „	—
Cl ₂	— „	1,09 „
Unlöslich	?	6,80 „

(Bei der prozentischen Berechnung der Aschenzusammensetzung ist angenommen worden — nach Analogie ähnlich zusammengesetzter Moorarten, dass 1000 gr. trockener Dopplerit 5 gr. Kali und Natron enthalten — *Fleischer*).

Diese beiden Analysen von 2 Proben verschiedener Moore stimmen auffallend miteinander überein und sind sehr lehrreich; sie zeigen

- a) Durch den Gehalt an Alkalien, wesshalb Wasser aus frischem Dopplerit eine kleine Menge in Lösung bringen kann.
- b) Dass die im Torf überhaupt vorherrschenden Mineralsäuren, Schwefel- und Phosphorsäure, auch in Dopplerit als solche vorkommen und einen Theil der Basen, Eisenoxyd, Magnesia und Kalk an sich ketten.
- c) Dass der Dopplerit wegen des überwiegenden Kalkgehaltes eine entschiedene Rasenmoorbildung darstellt (vgl. pag. 78).

Diese Ergebnisse werden durch den Charakter der Moore, welche Dopplerit enthalten, vollständig bestätigt. Bis jetzt sind folgende Fundorte bekannt:

1) Marktaussee in Steiermark, ca. 720 m ü. M. (*Doppler, Schrötter, Haidinger* l. c.), innerhalb von Moränen, in der Nähe des Oedersees. Nach einer freundlichen Mittheilung von Herrn Bergrath *Schernthanner* in Alt-Aussee besteht das ca. 8 m starke Moor aus:

Oberfläche: Sphagneen, Vaccineen, Pinus mont. uncinata.

2 m „Rasentorf.“

4 m „Fasertorf,“ reich an Resten von Pinus mont. und Betula.

2 m „Specktorf.“

— kalkiger Glacialschotter.

Mithin ein Rasenmoor, ca. 2 m mächtig, überlagert von 6 m starkem Hochmoor. Oben habe ich mitgetheilt, dass das erstere ein Hypneto-Cariceto-Arundinetum ist. Der Dopplerit findet sich nur in diesem „Specktorf;“ er „durchschwärmt denselben in unregelmässiger Nesterform,“ seltener in Spalten, die aber nie ganz durchgehend sind, sondern sich auf den Specktorf beschränken“ (*Schernthanner*).

2. „Biermoos“ bei Salzburg (zwischen Lamprechtshausen, Holzhausen, St. Georgen — *Lorenz* l. c.). Herr Prof. Dr. *Breitenlohner* in Wien theilte mir gütigst mit, dass er hier Dopplerit gefunden, „sowie in Mooren der Umgebung von Salzburg.“ Nach *Lorenz* ist das Biermoos ein Hochmoor, welches aus Rasenmoor hervorgegangen ist.

3. „Dachlmoos“ in der Strub, südwestlich von Berchtesgaden, ca. 617 m ü. M., von *Gümbel*⁵⁴⁾ 1858 folgendermaassen beschrieben: „Das Torflager ruht auf einer Wasser schwer durchlassenden Mergelschicht, welche die tieferliegenden Kalkgerölle in einer muldenförmigen Vertiefung überdeckt. Auf dem Mergel liegen Schichten von Faser- und Specktorf in der Weise über einander, dass der letztere eine untere 1' und eine obere $\frac{1}{2}$ ' mächtige Lage unmittelbar unter der Rasendecke ausmacht. Die Torfpechkohle liegt vorzüglich zwischen der unteren Specktorflage und dem auf dem Mergel liegenden Fasertorf, theils auch auf horizontal ausgebreiteten, nur wenige Linien dicken, sich auskeilenden Schichten (im untern Fasertorf), theils in zahlreichen Trümchen und Schnüren von $\frac{1}{4}$ — $\frac{3}{4}$ Zoll Dicke im Fasertorf vertheilt. Sehr bemerkenswerth sind insbesondere *zwei gangartige Schnürchen* von $1\frac{1}{2}$ — 3 Zoll Mächtigkeit, welche von der tiefern Fasertorfschicht *quer* bis zu der oberen Specktorfschicht die Torfmasse durchziehen. Sie haben das Aussehen, als seien sie als *Ausfüllungsstoffe in elastisch-weichem Zustande durch den Druck darauf lagernder Massen in vorhandene Spalten des Torfes hineingepresst worden.*“ Ich habe oben gezeigt, dass der untere „Specktorf“ dieses Moores ein Hypneto-Caricetum sein muss, wofür auch die Zusammensetzung der Doppleritasche spricht, dass also auch dieses Moor ein Rasenmoor mit überlagerndem Hochmoor darstellt.

4. Gonten, Kant. Appenzell, 900 m (siehe oben). Zuerst durch v. *Tschudi*⁵⁵⁾ 1850 erwähnt.

5. Eggerstanden, Kant. Appenzell, 855 m (siehe oben). Ich selbst habe den Dopplerit hier nicht gefunden. Erfahrene Torfstecher wollen denselben aber hie und da in dem unteren Rasenmoor angetroffen haben.

6. Gais, Kant. Appenzell, ca. 920 m (siehe oben). Nach Aussage erfahrener Torfstecher früher im Rasenmoor nicht selten.

7. Hofgut bei Gais, 1060 m, von mir einmal in kleiner Menge als gallertartige Masse über und zwischen Geröllen des Gletscherschuttes beobachtet (vgl. oben).

8. Ricken, Kant. St. Gallen, 800 m (pag. 13). In den untersten Schichten des Rasenmoores in Nestern; er ist den dortigen Torfstechern gut bekannt als eine mehr oder minder gallertartige Masse, „beinahe auf dem Lehm unten liegend.“ — Auch im „*Klostermoor*“ nordwestlich

von Ricken will man den Dopplerit angetroffen haben als eine sehr weiche, elastische Substanz.

9. Obbürgen, Kant. Unterwalden, 750 m ü. M., vgl. oben und Kaufmann (l. c.).

10. Schwantenau bei Einsiedeln, ca. 920 m (siehe oben), von mir in verschiedenen Formen innerhalb des Rasenmoors beobachtet.

11. Rothenthurm, Kant. Schwyz, ca. 900 m ü. M. (vgl. oben), innerhalb des Hypneto - Cariceto - Arundinetums an verschiedenen Stellen.

12. La Brévine, Kant. Neuenburg, 1050 m (siehe oben); die dortigen Torfstecher versichern, den Dopplerit in der untersten, schwarzen und schweren Torfschicht, dem Cariceto-Arundinetum, hie und da angetroffen zu haben, bald in Nestern von der Grösse eines Apfels, bald in kleinen mehr oder weniger horizontalen Flötzchen.

13. Les Ponts-de-Martel, 1000 m (siehe oben). Der Dopplerit ist den dortigen Torfstechern wohl bekannt. Prof. *Lesquereux* in Columbus-Ohio hat übrigens denselben schon wahrgenommen. Er theilt mir diesfalls freundlichst mit: „Je l'ai souvent observée en Suisse surtout dans les tourbières du haut Jura, vers la base des dépôts anciens. Je l'ai généralement vue en lamelles gluantes ou molles, assez ressemblable à la gomme élastique, moins compacte que la matière que vous m'avez envoyée. J'ai toujours considéré cette matière comme résultant de la décomposition des parties molles ou cellulaires des plantes composant la tourbe ou comme une espèce de lignite due à la décomposition prolongée des plantes.“*

An diesen Fundorten findet sich der Dopplerit stets im Rasenmoor, das sich aus schwer zersetzbaren Hypneen, Carices und Phragmites zusammensetzt. Hieraus erklärt sich der dominirende Kalkgehalt der Asche.

In der Regel erscheint derselbe in unregelmässigen Adern und Nestern wie eingesprengt, seltener gangartig Spalten erfüllend.

Ich habe übrigens das Vorkommen namentlich in Gonten, Schwantenau und Rothenthurm sehr genau verfolgen können:

Auf ganz frisch angeschnittenen Profilen des Rasenmoores beobachtet man innerhalb des rothbraunen kompakten Torfes braune Flecken von 0,01—0,1 m Durchmesser, wesshalb ich diesen Torf in meinen Notizen stets „*Marmortorf*“ genannt habe. Nicht selten enthalten solche Stellen einen Rest eines Zweiges oder einer Wurzel; längs derselben wurde die Wasserzirkulation befördert. Den Torfstechern ist geläufig, dass da, wo grüne Algen-„Bärte“ das Profil schmücken,

* Noch in den letzten Jahren wurde von Herrn Apotheker *Chapuis* in Les Ponts, der mich in zuvorkommendster Weise mit dortigen Torfstufen versehen, Dopplerit gefunden in einer horizontalen Schicht von 6—7 cm Dicke in den Torfgruben nördlich der Landstrasse von Les petits Ponts nach Ponts-de-Martel. Die Substanz war fein gallertartig.

viel Wasser vorhanden ist und stets eine Wurzel oder eine Spalte anzutreffen ist. Ich entdeckte in Rothenthurm den Dopplerit zuerst längs einer Wurzel. Die dortigen Torfstecher wollen den „gläsernen Stoff“ namentlich in der Nähe von Wurzeln angetroffen haben. Die braunen Flecken sind in der That wasserreich und muss hier ganz besonders betont werden, dass der Torf des Rasenmoors von Anfang an reichlich mit Wasser durchtränkt war und es blieb *durch die schützende und spendende Hochmoordecke*. Das Wasser hat hier die homogene Ulmifikation des Rasentorfes ganz besonders befördert; ich habe nie Torf zur Untersuchung gehabt, welcher so viele homogene Plättchen von Ulminkörpern enthalten hätte, wie dieser Marmortorf und namentlich nicht wie jene braunen Flecken. Der getrocknete Rasentorf ist schwer, gleicht der matten Braunkohle vollständig und widersteht, ein Mal während kurzer Zeit an der Sonne gelegen, den auflösenden Einflüssen der Hydrometeore oder des Frostes.

Die braunen Flecken liefern den Dopplerit; zuerst gallertartig, mehr und mehr konsistent werdend, ist er getrocknet glänzend und von einer schwarzbraunen matten Zone umgeben, welche den noch krümeligen unreifen Dopplerit darstellt und welche selbst wieder von dem kompakten hellbraunen Rasenmoortorf umschlossen wird. Dadurch, dass solche Doppleritnester zusammenstossen, entstehen nun — wie ich mich vielfach überzeugt habe — zusammenhängende mehr oder weniger horizontale Flötzen oder paternosterförmige, wurzelartig gewundene Einlagerungen von Dopplerit. *Dieses Vorkommen* ist an den bis jetzt beobachteten Lokalitäten *entschieden das allgemeine, primäre, typische*. Gümbel hat zuerst zwei schiefe *Dopplerit-spalten* aus dem Dachlmoos beschrieben. In Gonten erkannte ich viele derselben und müssen sie früher nach v. Tschudi (l. c.) viel zahlreicher und mächtiger angetroffen worden sein. Er berichtet: „Die Gänge sind so zahlreich, dass in diesem Lager binnen Kurzem mehrere Wagen damit beladen werden könnten, die stärksten 5 Zoll breit und schon 9 Fuss (!) tief zu Tage liegend.“

Die Bildung dieser Doppleritgänge (*Fig. 11*) ist sicher eine verschiedenartige. Unter Dutzenden von an Ort und Stelle innerhalb des Rasenmoors eingemessenen Spalten fand ich eine Mannigfaltigkeit nach Form, Dimension und Inhalt. Je nach dem Neigungswinkel sind dieselben 1—2 m lang, meist nach unten keilförmig erweitert oder spindelförmig, an der breitesten Stelle 1—5 cm messend. Ein Mal fand ich aber auch eine nach oben sich erweiternde Dopplerit-spalte, auch einige leere, kaum etwas klaffende innerhalb des Marmortorfs. Hie und da geht ein Gang von einer Wurzel aus; ein Mal fand ich einen solchen über einem 0,3 m dicken Sandstein und von da aus strich dann als Verlängerung ein dünnes ca. 1—2 cm mä-

tiges Flötzchen mehrere Meter weit ziemlich horizontal. An derselben Stelle beobachtete ich ferner einige Doppleritgänge *auf eine Tiefe von 3—4 dm keilförmig in den Gletscherschutt eingreifend*; an einigen Orten derselben Lokalität sowie in Obbürgen konnte ich ferner wahrnehmen, wie der Dopplerit netzförmig verbundene Spältchen und Risse des Thons ausfüllt, die zwischenliegenden Thonstücke gleichsam breccienartig verbindend. In Gonten zeigte ein 18 cm mächtiges Stück Thon 7 von einander getrennte Flötzchen und ein 30 cm dickes 10 derselben, gegenseitig durch schiefe Gänge verbunden. Ich konnte in den thonigen Zwischengliedern keine Pflanzenreste, weder von Cyperaceen, noch Birke oder Erle erkennen. Der homogene fein gallertige Dopplerit musste also in präformirte Risse eingedrungen sein. Ein derartiges Vorkommen kann nicht befremden. Sind nun auch die schiefen Spalten in der jetzigen Breite zuerst gebildet und dann durch von unten hineingequetschten Dopplerit ausgefüllt worden? Jedenfalls nicht alle. Wäre dies der Fall, so müssten eben so gut von oben Reste hineingeschwemmt worden sein und dürfte zu erwarten sein, dass der Kontakt zwischen Anstehendem und Dopplerit scharf und gleichförmig wäre. Nun ist aber der Dopplerit durchweg sehr homogen ohne Einschlüsse, die sich nicht an Ort und Stelle hätten vorfinden können. Der Kontakt dagegen ist häufig sehr zackig, unregelmässig, die Grenze zwischen Dopplerit und Torf gewöhnlich von unreifem körnigem Dopplerit gebildet, d. h. Dopplerit und hellbrauner Torf berühren einander selten direkt.

Es ist ferner schwer zu begreifen, wie innerhalb des durchtränkten Rasenmoors solche Spalten als leere Räume unter dem bedeutenden Hochmoordruck hätten bestehen können.

Risse am Rande eines Moores sind allbekannt; sie entstehen durch Seitendruck und Volumenverkleinerung in Folge Wasserverlust, sobald ein Torfmoor angeschnitten wird und können „30—40 Schritte“, ja nach *Lasius* 300—400 Fuss weit in das Moor reichen (*Sendtner* l. c.). Dabei kann sich dieses beträchtlich senken und dadurch comprimiren, wie an dem Wauwyler Moor, Kant. Luzern, beobachtet werden konnte. Solche Risse können heute noch, aber leer, im „Marmortorf“ unter denselben Bedingungen entstehen. Unmöglich sind aber die Doppleritpalten auf solche zurückzuführen und durch ausgewaschene Ulminsubstanz erfüllt worden, wie die Torfstecher annehmen. Der Dopplerit muss sich sehr langsam gebildet haben, um einen so hohen Grad gleichförmiger Beschaffenheit zu erreichen. Es ist auffallend, dass die Doppleritpalten bis jetzt nirgends in der Ausdehnung und Zahl beobachtet worden sind wie in Gonten; hier fand ich sie hauptsächlich am Ostende des Moores und von da an westwärts rasch an Zahl und Grösse abnehmen. Ein linker Neben-

fluss der Sitter, der Rinkenbach, empfängt hier den Abfluss des Moores. Ich habe nun allgemein beobachtet, dass die Flüsse des Molassegebietes von Appenzell und St. Gallen seit der Glacialzeit sich erheblich eingeschnitten und ihre Thäler rückwärts verlängert haben. Dies ist der Fall mit dem Rinkenbach. Dadurch mochten kleine Bewegungen des Glacialschuttes und jene feine Spaltenbildung an der Oberfläche desselben veranlasst worden sein, wie ich sie eben als mit Dopplerit erfüllt beschrieben habe. In Folge dessen wurde der überlagernde Torf dieses Ostendes auch etwas zerrissen. Es musste keine klaffende Spalte sein, so genügte sie, *um eine reiche Wasserzufuhr zu begünstigen*, also dieselbe Rolle zu übernehmen wie Wurzeln innerhalb des „Marmortorfes“. Dadurch wurde die Ulmifikation beschleunigt und wegen der Stauung des Wassers in den untern Torfschichten und auf dem Untergrund, hauptsächlich in dem untern Theil einer Spalte. Von dieser aus begann also wohl die Doppleritbildung; sie ist auch hier eine primäre und durch die Spaltenbildung nur begünstigt. Damit will ich die *Gümbel'sche* Deutung der Doppleritgänge nicht ausschliessen, da ich die Verhältnisse im Dachlmoos nicht näher kenne.

Meteorologische Elemente von:

	Temperatur.	Relat. Feucht.	Niedersch. in Millimetern.
Markt-Aussee ¹⁾	{ 4,85 ⁰ C. (1848—63) 5,80 ⁰ „ (1848—67)		1674 (1871—77)
Salzburg ²⁾	7,93 ⁰ „ (bis 1881)	81,2 ⁰ / ₀	1160
Gonten (Trogen) ³⁾	6,8 ⁰ „	78,0 „	1380
Einsiedeln ⁴⁾	6,35 ⁰ „	81,3 „	1683
Les Ponts-de-Martel ⁵⁾	5,86 ⁰ „	—	—

Hieraus ergibt sich für diese Orte eine niedere Jahrestemperatur, grosse relative Feuchtigkeit und bedeutende Niederschlagsmenge, welch letztere sich bekanntlich für den Nordabfall der Alpen auf eine grosse Zahl von Tagen, meist über die Hälfte der Jahrestage vertheilt. — In Les Ponts und Einsiedeln lebt jetzt noch die arktische *Betula nana* L. — Da die genannten Torfmoore sämmtlich postglacial sind

¹⁾ Gültige Mittheilung von Herrn Prof. E. Fugger in Salzburg nach den Jahrbüchern der k. k. meteorologischen Centralanstalt.

²⁾ Dito (Normales Mittel, veröffentlicht von Prof. Sacher 1881).

³⁾ Für Gonten, das keine meteorologische Station besitzt, habe ich die Daten von Trogen gesetzt, das in derselben Höhe und ziemlich denselben topographischen Verhältnissen 12 Km nördlicher liegt; Temperatur und relative Feuchtigkeit sind entnommen aus: Zeitschrift der Oesterreich. meteorolog. Gesellschaft 1877; die Zahl der Niederschläge wurde combinirt aus dem 12jährigen Mittel für Altstätten (Rheinthal), an demselben Orte publizirt und dem 6jährigen Mittel für Trogen 1863—69 (*Wanner*). Sie dürfte eher zu klein als zu gross sein.

⁴⁾ Nach den Aufzeichnungen im Stift Einsiedeln für 1872—81, mitgetheilt von Pater Mauriz Egger.

⁵⁾ Mittel für 1866—70, gütigst mitgetheilt von d. schweizerischen meteorologischen Centralanstalt.

und die Bildung homogener Ulminkörper die vollendetste Form der Ulmifikation darstellt und diese bei möglichster Abschliessung der Luft stattgefunden hat, so bestätigen diese Erhebungen meine oben ausgesprochene Ansicht über die Torfbildung, dass sie eine sehr langsame, bei spärlichem Zutritt von Sauerstoff, niedriger Temperatur und bei Gegenwart von viel Wasser vor sich gehende Zersetzung der Pflanzenstoffe darstellt.

Ich habe oben gezeigt, dass jede Pflanze ulmifizieren kann. Daraus darf geschlossen werden, dass in jedem unter obigen Bedingungen stehenden Moor die Doppleritbildung eintreten kann.

In Gonten und Schwantenau habe ich wirklich die *Bildung von Dopplerit aus Sphagnum* beobachtet und zwar unter denselben Umständen. In der Kontaktlinie von Rasenmoor und Hochmoor fand ich je eine wasserreiche Stelle, wo *Sphagnum cymbifolium* in einen schwarzen homogenen Dopplerit verwandelt war. Dieser unterschied sich im frischen Zustande von dem gewöhnlichen Dopplerit nur dadurch, dass man ihn *schalenartig abblättern* konnte, was wohl mit der Entstehung aus dünn geschichtetem Sphagnetum zusammenhängt. Mikroskopisch und chemisch war er nicht von dem typischen Dopplerit zu unterscheiden. Leider reichten die Proben nicht für eine quantitative Analyse aus. Ich zweifle nicht, dass diese einen geringern Aschengehalt hätte ergeben müssen und dass die organische Substanz desselben nicht total an Basen gebunden gewesen wäre, sondern zum Theil Ulmin dargestellt hätte.

Dass der Dopplerit, welcher jedem Torfstecher auffallen muss, nicht sehr verbreitet ist, geht aus meinen bezüglichen Nachforschungen hervor.

In *Oberitalien und der Lombardei* kennt man ihn nicht. (Prof. *Capellini* in Bologna und *Taramelli* in Pavia.) Die „Bibliographie géologique et paléontologique de l'Italie — Bologne 1881“ enthält keine bezügliche Notiz.

Aus *Oesterreich*, wo — wie bereits erwähnt — systematische Torfuntersuchungen ausgeführt wurden, sind bis heute ausser den angeführten Fundorten keine weiteren bekannt.

Bosc, E., „Traité complet de la tourbe etc. Paris 1870“ erwähnt den Dopplerit aus *französischen Mooren* nicht.

Aus *Mittel- und Norddeutschland*, vom Niemen bis zur Elbe, ist diese Substanz zur Zeit unbekannt, obschon gerade hier seit Jahren durch den Staat und ökonomische Gesellschaften mit Hülfe von Fachmännern den Torfmooren grosse Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Prof. *Nathorst* hat ihn bei seinen Untersuchungen der *südschwedischen Moore* nie angetroffen.

Nach *Geikie* ist bis jetzt Dopplerit weder in *Schottland* noch *Irland* entdeckt worden.

Blytt glaubt in den *norwegischen Mooren* etwas Aehnliches gesehen zu haben.

Staring (l. c.) enthält folgende Notiz: „Das Kienholz kommt gewöhnlich in einem sehr gut conservirten Zustande vor, aber nur die Stämme und grösseren Zweige sind deutlich erkennbar. In demjenigen Theil des Westerborker Moores, der jetzt vertorft wird, findet man das Blatt (?) in einen *dünnen syrupartigen Brei verwandelt, welcher regelmässig mit der Kienholzsicht vorkommt*. Eine Untersuchung des Herrn Prof. *van Kerckhoff* hat deutlich die Herkunft angezeigt.“

Herr Prof. *van Bemmelen* in Leiden, damals Assistent von *van Kerckhoff*, erinnert sich ganz genau, dass ihm die betreffende Substanz zur Untersuchung übergeben worden und theilt mir darüber freundlichst mit: „Sie war gelatinös, von dunkelbrauner Farbe; ich fand nur Humussäuren.“ Westerbork liegt in der Provinz Drenthe und ist Hochmoor (vgl. pag. 18). Leider konnte *van Bemmelen* das Original in der *Staring'schen* Sammlung nicht mehr finden. Das Vorkommen neben Kienholz, die Consistenz und chemische Zusammensetzung lassen aber keinen Zweifel übrig, dass die fragliche Substanz *zum Dopplerit gehört*.

Herr Prof. *Japetes Steenstrup* in Kopenhagen, der gründliche Kenner der schwedischen und *dänischen Moore*, hat nur einmal einen Körper gefunden, der mit dem ihm zugesandten frischen Dopplerit übereinstimmt und zwar in einem Torfmoor „der ältesten Gattung“, des *Lillemose bei Rudersdal-Seeland*. Er zeigte sich nebst Stämmen von *Pinus sylvestris* in einer Spalte innerhalb der aus Erraticum bestehenden Wand des Bassins, in welchem das Moor sich gebildet hat. Es ist die Schicht „r“ des Profils, welches *Steenstrup* pag. 169 der „bulletins du congrès international d'arch. préhistorique à Copenhague en 1869“ gegeben oder in „sur les Kjökkenmöddings etc. Copenhague 1872.“

Von grossem Interesse ist der *Dopplerit von Aurich* (Friesland), von dem ich eine lufttrockene Probe mit Contacttorf wieder der Liberalität des Herrn Direktor Dr. *Fleischer* in Bremen verdanke. „Nach den Mittheilungen des Canalbaubeamten wurde diese Substanz beim Bau des Ems-Jahde-Canals im *Hochmoor* zwischen Aurich und Upschört als „Gallert oder als dickflüssige Masse“ auf dem Sande unter dem Moor in einer 20—40 cm mächtigen Schicht bei einer Ausdehnung von ca. 100 m gefunden! Die Masse verbrennt vor dem Gebläse sehr schwer und hinterlässt eine weisse Asche.“

Die Substanz stimmt in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften und nach dem mikroskopischen Verhalten durchaus mit dem Dopplerit überein. Der Contacttorf, den ich sorgfältig unter

dem Mikroskop geprüft habe, enthält viel homogene Ulminkörper, daneben Blattreste von krautartigen Pflanzen, Cyperaceen, Radicellen, Wurzelhaare, Spiralgefäße, Zweig von Alnus; *die Epidermiszellen oft ganz homogen zerflossen*; viele Pollenkörner von Alnus, Pinus, Sporen von Lycopodium und Filices. Nur ein Mal fand ich einen gut erhaltenen Blattrest von Sphagnum cuspidatum (?), nie einen sicher erkennbaren Rest von Hypneen; wenig Quarz- und andere Mineral-splitter. Es ist darnach schwer zu beurtheilen, ob Rasenmoor oder Hochmoor vorliegt; die Abwesenheit der Hypneen und namentlich die Analyse der Aschentheile, die nur 2,23 % betragen, sprechen aber eher für das letztere.

Zusammensetzung der Asche (*Fleischer*):

Alkalien	?
Ca O	18,01 %
Mg O	27,06 „
Fe ₂ O ₃	{ 19,76 „
P ₂ O ₅	
S O ₃	28,04 „
Si O ₂	4,84 „

Eine solche Zusammensetzung zeigt durchschnittlich die Asche der norddeutschen Hochmoore. Die basischen Bestandtheile sind zum Theil an Kieselerde, Schwefelsäure und Phosphorsäure, zu einem grossen Theil an die Ulminsäure gebunden. „Das ursprüngliche Material enthält keine Kohlensäure.“

*Deicke*⁵⁶⁾ hat 1858 Dopplerit aus dem „ehemaligen Finkenbacher Weyer“, Gemeinde Häggenschwyl, Kant. St. Gallen, ca. 540 m, beschrieben. Dieser Teich besteht jetzt noch und wurde dessen Boden damals von 3 m tiefen Kanälen durchfurcht. Dabei hat *Deicke* in einer Tiefe von ca. 7 Fuss eine „erdartige Masse“ gefunden, von der er meldet: „*sie ist in nassem Zustande plastisch; getrocknet blättert sich diese Masse, wird sehr hart und spröde und nimmt meistens eine dunkelbraune bis ins Schwarze gehende Farbe an.* In getrocknetem Zustande brennt sie mit heller Flamme und hinterlässt einen weit geringeren Aschengehalt als der schwarze Torf. — Der Sonne oder künstlichen Wärme ausgesetzt, *bilden sich darin dünne Schichten glänzender Kohle.* Diese Erscheinung deutet darauf hin, dass diese Masse ganz oder theilweise mit *Haidinger's* Torfpechkohle oder Dopplerit übereinstimmt und dass diese Erde nur einer starken Trocknung bedarf, um die äusseren Kennzeichen dieses Minerals hervortreten zu lassen.“

Prof. *Aschbach* in St. Gallen fand darin:

Brennbare Substanz	83,25 %
Wasser	12,50 „
Asche	4,25 „

Die hiebei verwendete Probe mag einem besonders günstigen Stück entstammen; denn man hat mich versichert, dass „diese neue Art Torf als Brennmaterial einfach unbrauchbar war.“ Das Vorkommen dieser neuen Substanz als Absatz in einem Mühlteiche und die Beschreibung zeigen deutlich, dass sie nichts weniger als Dopplerit gewesen, aber *durchaus mit dem „Lebertorf“ übereinstimmt*. Deicke hat denselben wegen seiner plastischen oder elastischen Eigenschaft für Dopplerit gehalten. *Den Dopplerit selbst kann er nicht gekannt haben* und muss ich dies hervorheben, weil in der Literatur da und dort dieses Mineral mit diesem Forscher in Verbindung gebracht wird.* Deicke berichtet am gleichen Orte:

„Unweit Gonten, Kant. Appenzell, liegt ein bedeutendes Torfmoor, woraus an sehr vielen Orten *eine schwarze, breiartige Masse in geringer Menge ausfliesst, die sehr bald erhärtet, woraus ein Körper entsteht, der schwarz, hart, krystallinisch (!) und äusserst spröde ist und wie die Pechkohle einen starken Glanz zeigt*. V. d. L. oder auf Kohle ist er nicht zum Brennen zu bringen (?) sondern er zerspringt knisternd in kleine Stücke. Nach der chemischen Analyse von Schweitzer in Zürich *besteht dieser Körper fast aus ganz reiner Humussäure*.“

Diese Substanz war nichts anderes als *junger, zart gelatinöser Dopplerit*.

Prof. Henry Carvill Lewis in Philadelphia beschreibt eine von ihm 1881 entdeckte „dem Dopplerit ähnliche Substanz“ aus einem postglacialen Torfmoor von Scranton, Pa., Union (vgl. Referat in „Neues Jahrbuch f. Mineralogie 1883 I. Bd.“). Nach der Mittheilung des Autors⁵⁷⁾ finden sich nahe dem Torfgrunde unregelmässige Adern oder Nester, bis 2 Zoll mächtig und den Contakttorf (mit Samen von Marsilia) häufig beinahe senkrecht durchsetzend, mit einer schwarzen, gallertartigen und elastischen Substanz erfüllt. Diese ist frisch jedenfalls fast zerfliessend oder fein gelée-artig, da sie an der Luft bald dichter und elastischer werden soll. Im reflektirten Licht schwarz, erscheint diese beinahe homogene Substanz unter dem Mikroskop braunroth; sie ist geschmack- und geruchlos, beinahe unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether, dagegen fast vollständig löslich in Kalilauge. Aus der tiefbraunen Solution fallen Säuren röthlichbraune Flocken aus. Lufttrocken hat diese Materie eine $H = 2,5$, Gew. $= 1,032$ und „*the brilliant resinous lustre*“ und den muscheligen Bruch der wahren Kohle; sie ist in Kalilauge vollständig löslich und erscheint wahrscheinlich als ein Gemenge organischer Säuren, die den Humussäuren nahe stehen. Die Analyse des bei $212^{\circ} F. = 100^{\circ} C.$ getrockneten und von mir aschenfrei berechneten Substanz ergibt (Asche $= 6,4\%$):

* Siehe Fehling's Handwörterbuch der Chemie; Edinburgh Museum, Catalogue of Mineral Collection 1882, pag. 77 etc.

C	=	30,97 %
H	=	5,53 „
N	=	2,62 „
O	=	60,88 „

Demnach unterscheidet sich dieses Mineral von dem Dopplerit durch das geringere Gewicht, den schwächeren Glanz und namentlich durch den sehr geringen Gehalt an Kohlenstoff und einem überwiegenden Antheil des Sauerstoffs, so dass er sich nach seiner chemischen Zusammensetzung sehr von der Torfreihe entfernt. Wenn daher *Lewis* für torfige Zersetzungsprodukte der Pflanzen den gemeinsamen Namen „Phytocollite“ vorschlägt in der Weise, dass Dopplerit, die von *Deicke* aus Häggenschwyl beschriebene Substanz (der Lebertorf, siehe oben) und das Scranton-Mineral drei Varietäten darstellen sollen, so kann ich diesen Vorschlag nur in dem Sinne berechtigt finden, als jene drei Körper *frisch eine Eigenschaft gemeinsam haben, die Elastizität*.

Aus der genetischen und descriptiven Darstellung des Dopplerits ergeben sich folgende Gesichtspunkte:

- a) *Er ist ein sehr langsam und homogen gebildetes Produkt der Ver-
torfung und kein Erdharz.*
- b) *Er stellt daher keine einfache Verbindung dar, sondern besteht wie
der Torf aus einem wechselnden Gemenge von organischen und
mineralischen Verbindungen, denen etwas indifferente anorganische
Körper beigemengt sein können.*
- c) *Er ist wie der Torf fast ausnahmslos stickstoffhaltig.*
- d) *Die mineralischen Bestandtheile variiren qualitativ und quantitativ
je nach dem Charakter des Moores, in welchem sich der Dopplerit
gebildet hat. Die basischen Mineralstoffe sind zum kleinen Theil
an die gleichzeitig vorkommenden Mineralsäuren, zum grössten
Theil an die organische Substanz gebunden.*
- e) *Diese ist eine Ulminsäure (vielleicht manchmal mit Ulmin vermengt,
was in jedem einzelnen Falle aber schwer zu bestimmen ist, da
bei der Trennung der Ulmate mit kochender Kalilauge auch das
Ulmin in Ulminsäure übergeführt wird).*
- f) *Im Wesentlichen besteht also der Dopplerit aus Ulmiaten mit etwas
anorganischen Salzen, die hauptsächlich der Schwefel-, Phosphor-
und Kieselsäure angehören. Es muss die Zusammensetzung des-
selben mit Rücksicht auf seine Entstehungsweise etwas schwanken
und kann eine einheitliche Formel für denselben nicht aufgestellt
werden.*

Dopplerit-Analysen, aschenfrei berechnet.
(Bei 1100° C. getrocknet.)

Fundort	Asche o/o	C	H	O	N	Analytiker
Aussee (bei 1000° C.)	5,86	51,11	5,30	42,49	1,09	<i>Schrötter</i> ¹⁾
Aussee	5,1	56,46	5,76	37,78	0,0	<i>Demel</i>
Aussee	5,18	55,94	5,20	38,86		<i>Mühlberg</i>
Dachlmoos (b. 1300° C.)	3,39	57,47	5,32	36,35	0,86	<i>Herz</i> ²⁾
Obbürgen (gelatinös)	14,32	57,82	5,40	36,77		<i>Mühlberg</i>
Obbürgen	9,77	55,90	5,14	38,96		„
Obbürgen	5,20	55,65	6,29	38,06		„
Gonten	4,2	58,25	5,01	36,74	0,0	<i>Mayer</i> ³⁾
Gonten	4,42	55,55	5,64	38,23	0,57	<i>Fleischer</i>
Aurich	2,23	57,76	5,81	34,16	2,27	„

Führt man die *Fleischer*'sche Analyse auf stickstoff- und aschenfreie Substanz zurück, so ergeben sich folgende Beziehungen zwischen Cellulose und Stärke (nach *Dragendorff*) einerseits und dem Contacttorf anderseits:

<i>Cellulose</i>		<i>Doppl. v. Gonten</i>	
C = 44,44 o/o	(+ 11,43 o/o)	55,87 o/o	
H = 6,17 „	(— 0,50 „)	5,67 „	
O = 49,39 „	(— 10,94 „)	38,45 „	
<i>Doppl. v. Gonten</i>		<i>Contacttorf v. Gonten</i> ⁴⁾	
C = 55,55 o/o	(+ 5,07 o/o)	60,62 o/o	
H = 5,64 „	(+ 0,17 „)	5,81 „	
O + N = 38,80 „	(— 5,13 „)	33,67 „	

1) Aus den Verbrennungsprodukten berechnet (Wiener Acad. 1849).

2) *Gümbel*, Geogn. Beschreibung des bayr. Alpengebietes. München, 1861.

3) Landwirthsch. Versuchsstation, 1883, pag. 313 ff.

4) Mittel von zwei (aschenfrei berechneten) Analysen, ausgeführt von meinem Freunde *Dr. Hanhart*.

Kaufmann (l. c.) glaubt, beim Anschneiden von gutem Torf „glänzende, schwarze Partikel“ zu erkennen, die sich mit der Messerspitze loslösen lassen und dieselbe homogene Struktur zeigen wie Dopplerit. Ich bestätige dies für den „Marmortorf.“ Die besten Rasenmoortorfe aber von mehreren Lokalitäten der schweizerischen Hochebene (Thurgau, Robenhausen, Ins, Kant. Bern etc.), von Burgau a. d. Donau, vom st. gallischen Rheinthale, Lichtenstein, Proben von Baggertorf u. s. f. sind aber durchweg in der homogenen Ulmifikation nicht so weit fortgeschritten, wie jener „Marmortorf“ und enthalten zum Theil beträchtlich Huminstoffe. Die darin vorkommenden schwarzen Streifen sind meist aus Iris, Menyanthes, Orchideen, Thypha etc. gebildet, die nach früherem leicht vertorfen können. Sie finden sich schon in jüngerem Rasenmoortorf. Das Mikroskop wird aber in der Regel vertorfte Zellgewebe oder isolirte, homogen umgewandelte Zellen entdecken, weniger die durch Zusammenfließen von sehr zarten homogenen Ulminstoffen erzeugten homogenen Plättchen. Diese können nach früherem mehr oder weniger häufig *unter dem Mikroskop* angetroffen werden, aber nur in stärkst vertorften Torfsorten. Ob sie der Ulmin- oder Humingruppe angehören, wird aber bei so kleinen Portionen schwer zu entscheiden sein.

Wie oben ausführlich auseinandergesetzt worden, vermögen wir heute noch nicht, Dopplerit mikroskopisch zu erkennen wie etwa amorphes Calciumcarbonat, wie Calcit oder Arragonit und möchte ich daher belieben, erst von Dopplerit zu sprechen, wenn dieser Körper wenigstens makroskopisch nach allen seinen charakteristischen Merkmalen als besondere Substanz, als mineralisches Individuum, erkannt werden kann.

Es ist auch ungerechtfertigt, nach Kaufmann und Mühlberg den Kaliauszug aus Torf mit dem Dopplerit zu identifizieren. Ich habe zur Genüge dargethan, dass Kalilauge Ulminsäure und Huminsäure bindet, Ulmiate und Humate zersetzt, dass Ulmin und Ulminsäure, Humin und Huminsäure, Ulmiate und Humate in zertheiltem Zustande oder in homogener Form in gleicher Weise glänzende, schwarze, harte Massen liefern. Weder Kaliumulmiat noch Kaliumhumat ist Dopplerit, jedenfalls das letztere nicht. Beide werden frisch gewonnen sofort mit Mineralsäuren zersetzt, Dopplerit nur zum kleinsten Theile. Dann habe ich scharf die zwei Formen der Ulmin- und Huminstoffe betont. Der Dopplerit ist eine homogene Bildung; die meisten Ulmin- und Huminstoffe in stark macerirtem Torf sind aber körnig bis krümelig. Sie werden aber in Kalilauge eben so gut gelöst als die homogenen. Wenn aus einer Felsart mittelst Salzsäure unter Aufbrausen Chlorcalcium gewonnen wird, so ist damit keineswegs bewiesen, dass kry-

stallinisches Calciumcarbonat vorhanden gewesen; der Dopplerit erscheint aber gleichsam als eine edlere, höhere Form der Ulminreihe.

Ich habe übrigens die präalpinen *Schieferkohlen* (Lignite) mikroskopisch und chemisch diesbezüglich untersucht. Von Uznach und Mörschwyl in der Schweiz habe ich selbst frisches Material gewonnen; Herr Dr. *Penck* in München hatte die Güte, mir schöne Handstücke abzutreten von den interglacialen Ligniten von „Löwenbach bei Imberg östl. von Sonthofen,“ „Puttenhamer Innleithen bei Wasserburg“ und von „Gross Weil am Kochelsee.“ Ich bestätige die Ansichten von *Heer*, *Kaufmann* u. a., dass diese interglacialen Schieferkohlen nach ihrem mikroskopischen Verhalten mit Torf übereinstimmen, ja, es gibt Torfe, die stärker ulmifizirt sind und namentlich ist der „Marmortorf“ durchweg stärker umgewandelt als die Schieferkohle. Ich fand öfter das Innere von Wurzelstöcken, die ich gleich nach der Förderung gespalten, frisch; nach wenigen Minuten waren die Flächen ähnlich wie der frische „Marmortorf“, Baggertorf etc. mehr und mehr gebräunt. *Nie habe ich aber auch nur sehr dünne Schichten von Dopplerit* gefunden, weder in homogener, schieferiger Kohle noch in der Nähe von Holzresten. Die Bergwerksbesitzer und Arbeiter, welche seit Dezennien mit dem Abbau beschäftigt sind, wollen nie etwas Aehnliches beobachtet haben und doch müsste sich der Dopplerit in den eckigen, splitterigen, glänzenden, harten Stückchen zeigen, da er, selbst gequetscht, beim Eintrocknen diese Merkmale wieder darbietet.

Für diese Anschauung liefert übrigens die Schieferkohle mit ihren Holzeinschlüssen die besten Belege. Es ist bekannt, wie Zweige und Stämme von Erlen und Birken, weniger von Coniferen, gequetscht sind. *Deicke*⁵⁸⁾ schreibt darüber: „Setzt man Stämme oder Zweige auf warme Platten, damit eine schnelle Trocknung erfolgt, so verlieren die Stämme ganz oder theilweise ihre Holzstruktur und gehen, wie es die Tertiärkohle zeigt, in eine steinartige, glänzende Masse über.“ Indessen lehrt schon die Beobachtung mit der Loupe, dass der grösste Theil des Querschnittes braun und nur am Rande und hauptsächlich an den beiden Kanten schwarz, glasglänzend und von muscheligem Bruche ist. Unter dem Mikroskop erscheint in der That der grössere innere Theil aus gequetschtem Holzprosenchym zusammengesetzt und nur der äussere Theil homogen, gelbbraun und Quellung und Schrumpfung zeigend. Die Stücke brennen mit Flamme, Dopplerit nicht. Der äussere Theil ist ulmifizirt, war es aber schon vor der Bedeckung des Moores mit Erraticum, indem, wie ich oben gezeigt habe, hauptsächlich Cambium und Rinde homogen vertorfen. Durch Druck wurde nun diese Doppleritkruste gleichsam in zwei Kanten ausgewalzt, ohne die charakteristischen Merkmale einzubüssen.

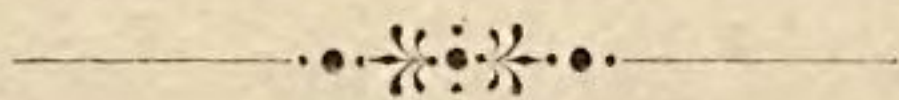
Coniferenholz aus der quartären Schieferkohle bricht getrocknet ebenfalls quer zu den Prosenchymzellen, ist aber durchaus nicht schwarz, sondern braun, wachs- oder harzglänzend und zeigt erhaltene aber stark gequetschte Zellstruktur.

So erklärt sich auch die „merkwürdige Erscheinung“ mit dem Lignit von Pütschen bei Bonn, der unter einem Thonlager vor Luftzutritt geschützt war und von dem *Bischof*⁵⁹⁾ berichtet, dass er an der Luft sofort schwarz geworden sei und muscheligen Bruch angenommen habe wie Pechkohle.

In den eigentlichen Ligniten, die nach *Zincken* (l. c.) „eine regellose Reihe der mannigfaltigsten Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff“ darstellen, herrschen Körper der Humingruppe vor. Die gemeine Braunkohle gibt an Kalilauge deren ziemlich ab. Unter dem Mikroskop löst sie sich in körnig-krümelige Massen auf wie reifer Baggertorf. Die Glanzkohle, welche glänzende, 1—30 mm starke homogene Streifen innerhalb der gemeinen Braunkohle bildet und dieser ein gebändertes Aussehen ertheilt, enthält wohl nur Spuren von Ulminstoffen. Ihr Pulver ist schwarz und mit kochender Kalilauge konnte ich nur wenig Huminsäure ausziehen. Unter dem Mikroskop erscheinen die Pulvertheilchen homogen wie getrocknete Dopplerit-splitter. Quellung und Schrumpfung.

Die glänzende Pech- und Glanzkohle sind kein Dopplerit und enthalten keinen Dopplerit. Ob sie es früher waren, ist schwer zu bestimmen. Nach *Zincken* sind dieselben entweder aus breitgedrückten harzigen Holzstämmchen oder aus Lagen ganz reiner, bituminöser (?) Pflanzensubstanz, durch einen Macerationsprozess entstanden.

Damit glaube ich genügend gezeigt zu haben, dass weder in der eigentlichen Schieferkohle, noch in der gemeinen Braunkohle, noch in der Glanzkohle Dopplerit vorhanden ist, wie *Kaufmann* und zum Theil *Fremy* geglaubt und *Mietzsch*⁶⁰⁾ u. A. seither angenommen haben.



Literatur.

1. **Lesquereux**, Quelques recherches sur les marais tourbeux. Neuchâtel 1844.
2. **Grisebach**, Ueber die Bildung des Torfes in den Emsmooren (Separat-Abdruck der Göttinger Studien 1845). Göttingen 1846.
3. **Sendtner**, Vegetationsverhältnisse von Südbayern. München 1854.
4. **Senft**, die Humus-, Marsch- und Torfbildungen etc. Leipzig 1862.
5. **Forchhammer**, Leonhard's Jahrbuch für Mineralogie 1841.
6. **Staring**, de Boden van Nederland. 2 Bd. Haarlem 1856.
7. **Nöggerath**, Westermanns Monatshefte 1861.
8. **Wieck**, Torfbüchlein. Chemnitz 1839.
9. **Reinsch**, Neue Untersuchungen über die Mikrostruktur der Steinkohlen etc. Leipzig 1881.
10. **Muck**, Grundzüge und Ziele der Steinkohlenchemie. Bonn 1881.
11. **Petzholdt**, Beitrag zur Kenntniss der Steinkohlenbildung etc. Leipzig 1882.
12. **Websky**, De turfæ compositione et formatione. Diss. inaug. chem., Berol. 1858.
13. „ Beiträge zur Erkenntniss der Zusammensetzung und Bildung des Torfes. Journal für prakt. Chemie. Bd. 92. 1864.
14. **Lorenz**, Moore von Salzburg. Flora 1858.
15. **Dau**, Neues Handbuch über den Torf. Leipzig 1823.
16. **Zincken**, Physiographie der Braunkohlen. Hannover 1867.
17. **Pokorny**, Untersuchungen über die Torfmoore Ungarns. (Sitzungsbericht d. Wiener Academie. 43. Bd. 1860.)
18. **Ch. Martins**, Observations sur l'origine glaciaire des tourbières du Jura neuchâtelois. (Mém. de l'Acad. de Montpellier. T. VIII. 1871.)
19. **Heer**, Ueber die Föhrenarten der Schweiz (Verhandlgn. d. schweiz. naturforschenden Gesellschaft 1862).
20. **Kaufmann**, Ueber den Dopplerit von Obbürgen etc. (Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt. Bd. XV. 1865.)
21. **Wiegmann**, Ueber die Entstehung, Bildung und das Wesen des Torfes. Braunschweig 1837.
22. **Drittes Programm** des k. k. Gymnasiums. Salzburg 1853.
23. **Engler**, Botanische Jahrbücher. II. Bd. Leipzig 1881.
24. **Sitzungsberichte** der phys.-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg 1870.
25. **Schröter**, Flora der Eiszeit. Zürich 1883.
26. **Mulder**, Untersuchungen über die humusartigen Materien (Annalen d. Chemie und Pharmacie. Bd. 36. 1840).

27. **Mulder**, Chemie der Ackerkrume. Deutsch von Dr. Joh. Müller. Berl. 1863.
28. **Verhandlungen** der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien vom 6. April 1859.
29. **Treffner**, Beiträge zur Chemie der Laubmoose (Separat-Abdruck aus der pharmazeutischen Zeitschrift für Russland 1881).
30. **Recherches chimiques** sur la formation de la houille par Mr. E. Fremy (Comptes Rendus 1879. T. 88).
31. **Géeleznow**, La mousse des marais a-t-elle la propriété d'absorber l'eau liquide et la vapeur répandue dans l'atmosphère? (Bulletin de l'Acad. imp. des Sciences de St.-Pétersbourg. T. IX. 1873).
32. **Jagttagelser** over det sydöstlige Norges Toromyre af A. Blytt (Christiana Videnskabsselskabs Forhandlingar 1882. Nr. 6).
33. **A. Jentzsch**, die Moore der Provinz Preussen. Königsberg 1878.
34. **Verhandlungen** der k. k. zool.-bot. Ges. in Wien. Juni 1858.
35. **Schacht**, Moore des Herzogthums Oldenburg (Petermanns Mittheilgn. 1883. 1. Heft).
36. **Stierner**, Ueber die Bedeutung der Torfindustrie (Landw. Mitthg. d. kurländ. ök. Ges. in Riga. März 1881).
37. **C. von Nägeli**, Theorie der Gährung. München 1879.
38. **Ph. van Tieghem**, sur la fermentation de la cellulose (Comptes Rendus. Bd. 88).
39. **Lucas**, Ueber das Vorkommen des Humus und der Humussäure im Pflanzenreich. Annalen d. Chemie u. Pharmacie 1841. Bd. 37.
40. **Moro**, della torba italiana (Estratto dagli Annali di Agricoltura, Industria e Commercio. Torino 1863).
41. **Penck**, die Vergletscherung der deutschen Alpen etc. Leipzig 1882.
„ **Gutzwiller**, Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz, 14. Liefg. Bern 1877.
42. **Kratter**, Ueber das Vorkommen von Adipocire auf Friedhöfen. Wien 1879.
43. **Fugger**, die Torfgase im Untersberg-Moore. Salzburg 1879.
44. **Reichardt**, Chemische Unters. von 2 Proben Torfmoor aus Bad Steben bei Hof (Archiv für Pharmacie Bd. XVI. 1881).
45. **Stähelin & Hofstetter**, Chemische Untersuchungen einiger Rinden (Annalen d. Chemie u. Pharmacie. Bd. 51. 1844).
46. **Demel**, Ueber den Dopplerit von Aussee (Sitzungsber. der Wiener Academie vom 17. Oct. 1882).
47. **Dragendorff**, Die qualitative und quantitative Analyse von Pflanzenstoffen. Göttingen 1882.
48. **Sestini**, Ueber die Ulminverbindungen, welche bei Einwirkung von Säuren auf Zuckerstoffe erzielt werden. Landw. Versuchsstationen Bd. 26 und 27. 1881).
49. **Malaguti**, Ueber die Einwirkung der verdünnten Säuren auf den gemeinen Zucker (Annalen der Pharmacie Bd. 17. 1836).
50. **Sitzungsbericht** d. k. k. Academie in Wien vom 17. Sept. u. 29. Okt. 1849.

51. **Leonhards Jahrbuch** 1851.
52. **Loretz**, Ueber die in den fossilen Brennstoffen vorkommenden Mineralien. Leonh. Jahrb. 1863.
53. **Vogel**, der Torf, seine Natur und Bedeutung.
54. **Gümbel**, Ueber die Torfpechkohle (Dopplerit) vom Dachlmoos bei Berchtesgaden. Leonh. Jahrbuch 1858.
55. **Sitzungsbericht** der Wiener Academie 1850, pag. 274.
56. **Deicke**, Ueber das Vorkommen von Humussäuren und Dopplerit im Torfmoor (Berg- und Hüttenm. Zeitung 1858).
57. **Lewis**, On a new substance resembling Dopplerite (American Philosophical Society of Philadelphia 1881).
58. **Deicke**, Quartäre Kohle von Mörschwyl. Leonh. Jahrbuch 1858.
59. **Bischof**, Lehrb. d. phys. u. chem. Geol. 2. Aufl. I. Bd. 1863.
60. **Mietzsch**, Geologie der Kohlenlager, Leipzig 1875.

Erklärung der Tafel.

- Fig. 1.* Homogen ulmifizierte, isolirte Epidermiszelle mit Conservirung ihrer ursprünglichen Form. 300/1.
- Fig. 2.* Homogen vertorfte Epidermis von *Phragmites communis*, wachsartig brüchig; die Zickzackränder etwas dunkler. 300/1.
- Fig. 3.* Körnige Form der Ulminstoffe aus Hypneen, Cyperaceen etc. 600/1.
- Fig. 4.* Ulminkugeln und Verbände von solchen aus dem Mark von *Alnus incana*. 300/1.
- Fig. 5.* Dito aus *Alnus*, *Betula* der Schieferkohle. 300/1.
- Fig. 6.* Parenchymzellen einer krautartigen Pflanze: mit erhaltener Membran und ganz homogen ulmifiziertem Inhalt; mit Membran und homogenem Inhalt, der durch Hohlräume gelockert ist und Membran ziemlich macerirt, der gelbbraune homogene Ulminkörper mit Hohlräumen (Baggertorf). 300/1.
- Fig. 7.* Ulmuskügelchen. a) von Cellulose, Stärke, Traubenzucker, Hypneen. b) vorherrschend bei *Sacculus* (1. Versuchsreihe b—e). c) namentlich im *Sacculus* von 1. Versuchsreihe d). 300/1.
- Fig. 8* und *Fig. 9.* Verschiedenes Verhalten der Ulminkügelchen auf Zusatz von 5% K O H. 300/1.
- Fig. 10.* Idealschnitt durch Dopplerit. 300/1.
a) homogen, gelbbraun, durchscheinend, reif.
b) Spältchen oder Risse.

- c) Verschiedene Schnitte durch körnig umgewandelte Haarwürzelchen und Wurzelhaare von Cyperaceen (Carices).
- d) feines Haarwürzelchen.
- e) körniger, unreifer Dopplerit aus der Kontaktzone, makroskopisch leberbraun.
- f) Hypnumrest.
- g) Radicelle im Querschnitt und im Rindenparenchym.

Fig. 11. Idealprofil durch ein präalpines Hochmoor (aus zahlreichen Profilen vereinigt).

E = Erraticum; *R* = Rasenmoor; *H* = Hochmoor; *m* = junge Doppleritnester im „Marmortorf“; *s* = Sandstein; *w* = Wurzel oder Stamm von Pinus, Abies. Die schwarzen Figuren zeigen das mannigfaltige Vorkommen von Dopplerit.

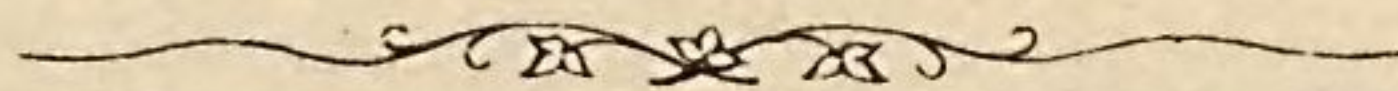




Fig. 1

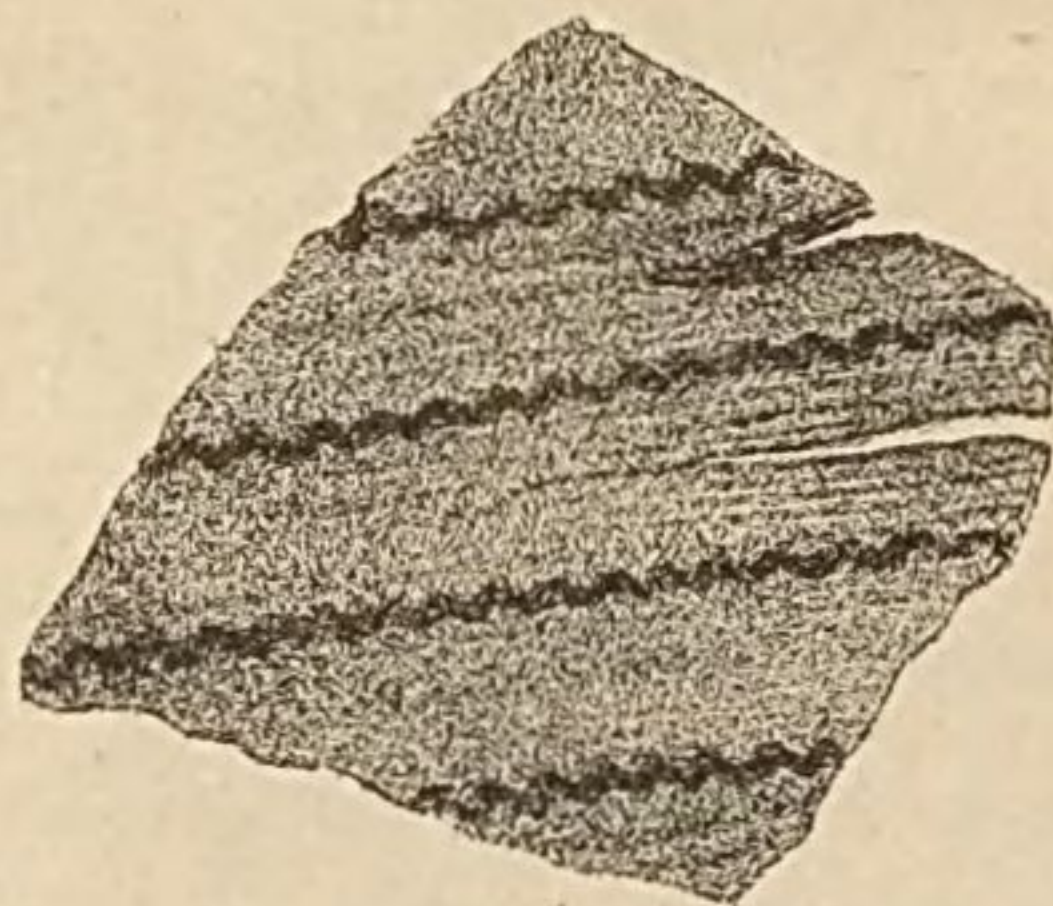


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

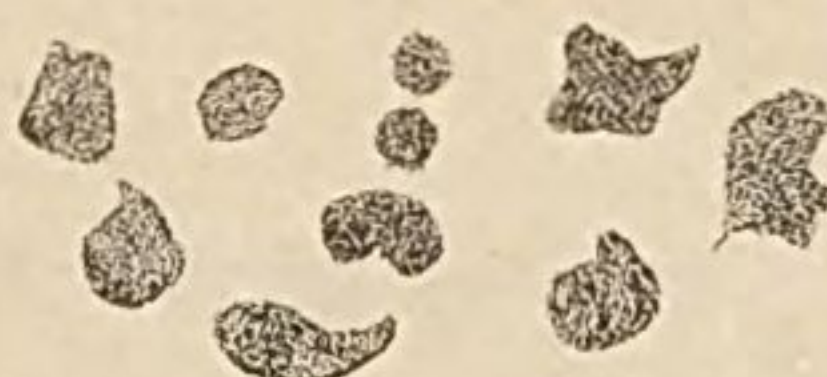


Fig. 5

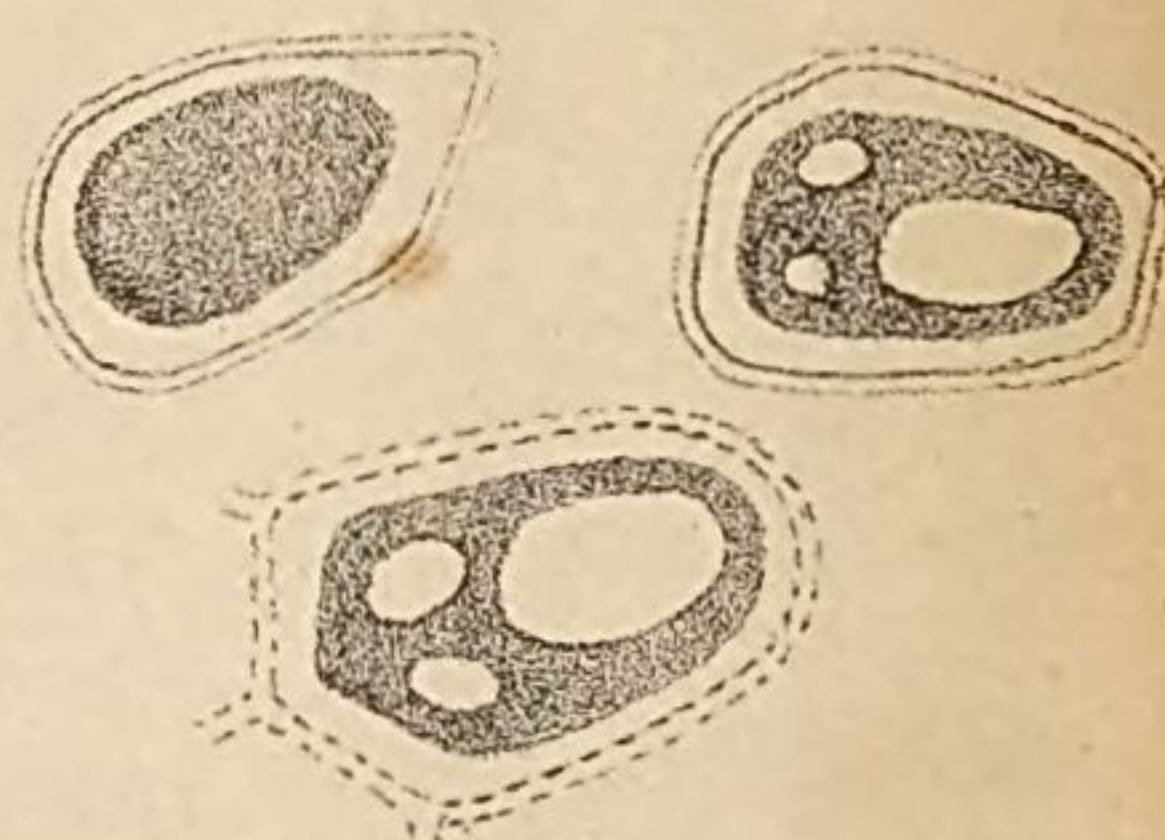


Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9

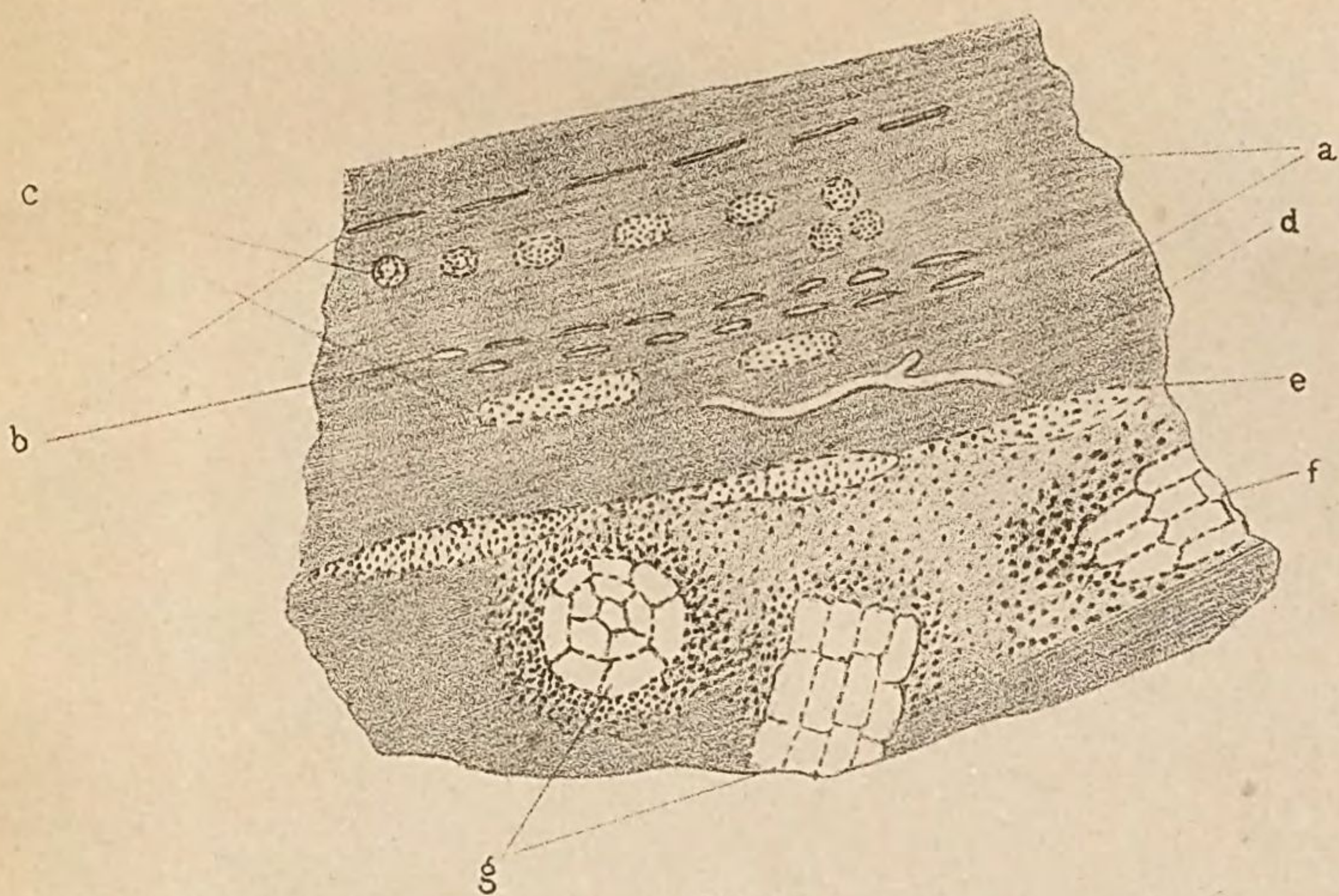
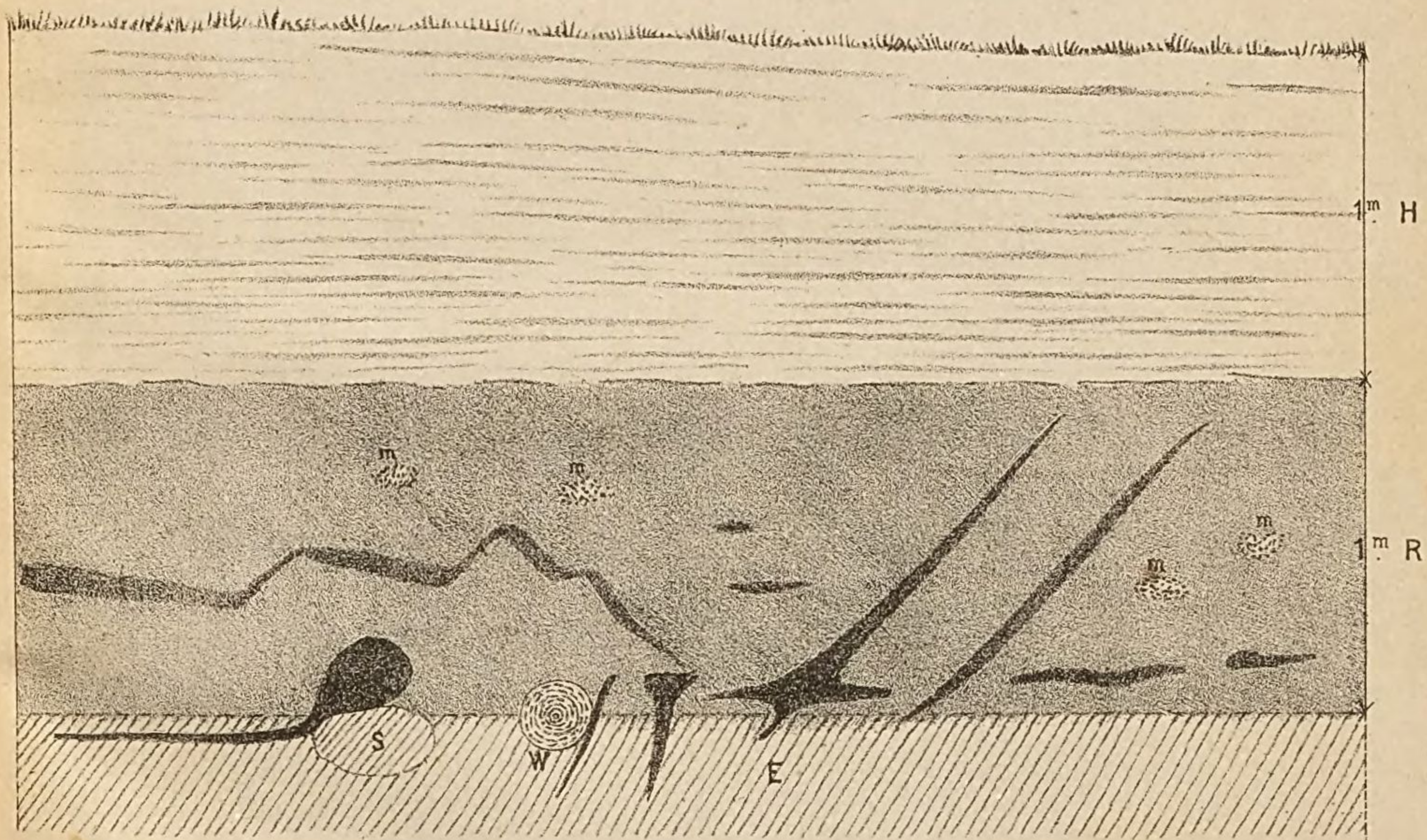


Fig. 10

Fig. 11



Im Verlage von **J. Wurster & Cie.** in **Zürich** sind ferner erschienen:

Heer, Dr. Oswald, Flora tertiaria Helvetiae. Die tertiäre Flora der Schweiz. 3 Bände in Leinw. gebdn. gr. 40. Mit 156 Tafeln, meistens mit Tondruck. 1855—1859. Fr. 225.—. M. 180. —.

— Untersuchungen über das Klima und die Vegetations-Verhältnisse des Tertiärlandes. Mit Profilen und einem Kärtchen von Europa. (170 S.) gr. 40. 1860. cart. Fr. 12. —. M. 9. 60.

(Separat-Ausgabe des allgemeinen Theiles der Flora tertiaria Helvetiae.)

— Recherches sur le climat et la végétation du pays tertiaire. Traduction de Ch. Th. Gaudin. Avec des profils et une carte de l'Europe. (242 S.) gr. 40. 1861. cart. Fr. 15. —. M. 12. —

— Flora fossilis Helvetiae. Die vorweltliche Flora der Schweiz. (VI u. 182 S.) gr. 40. Mit 70 Tafeln. 1877. geb. Fr. 100. —. M. 80. —.

— Flora fossilis arctica. Die fossile Flora der Polarländer. 40. br. in Mappe.

1871. II. Band, mit 59 Tafeln. Fr. 40. —. M. 32. —.

1875. III. „ „ 49 „ Fr. 40. —. M. 32. —.

1877. IV. „ „ 65 „ Fr. 50. —. M. 40. —.

1878. V. „ „ 45 „ Fr. 50. —. M. 40. —.

1880. VI. „ I. Abth. m. 21 Tfn. Fr. 25. —. M. 20. —.

1882. VI. „ II. „ „ 47 „ Fr. 40. —. M. 32. —.

1883. VII. „ „ 62 „ Fr. 60. —. M. 48. —.

— Contributions à la flore fossile du Portugal. (XIV und 51 S.) 40. Mit 28 Tafeln. 1881. In Mappe. Fr. 20. —. M. 16. —.

— Flora fossilis Grönlandica. Die fossile Flora Grönland's. 2 Theile mit 109 Tafeln, einer geologischen Karte und zwei landschaftlichen Bildern. 1883. 40. br. in Mappe. Fr. 100. —. M. 80. —.

(Separat-Ausgabe der Flora fossilis arctica, VI. II. u. VII.)

Kaltbrunner, D., Manuel du Voyageur, indiquant la manière de recueillir des observations sur une contrée quelconque et sur ses habitants, soit qu'on réside ou qu'on séjourne dans le pays, soit qu'on le parcourt en touriste, en excursionniste ou en explorateur. (XV und 823 S.) 80. Mit 280 Holzschnitten und 24 Tafeln. 1879. geb. Fr. 15. —. M. 12. 60.

— Aide-Mémoire du Voyageur. Notions générales de géographie mathématique, de géographie physique, de géographie politique, de géologie, de biologie et d'anthropologie à l'usage des voyageurs, des étudiants et des gens du monde. (XII u. 525 S.) 80. Mit 11 Holzschnitten und 25 Tafeln. 1881. geb. Fr. 13. 50. M. 11. —.

— Der Beobachter. Allgemeine Anleitung zu Beobachtungen über Land und Leute für Touristen, Excursionisten und Forschungsreisende. Nach dem „Manuel du Voyageur“ bearbeitet von E. Kollbrunner. 1882.

broch. Fr. 16. 50. M. 13. 50.

gebdn. Fr. 19. 50. M. 16. —.

Wettstein, Dr. H., Die Strömungen des Festen, Flüssigen und Gasförmigen und ihre Bedeutung für Geologie, Astronomie, Klimatologie und Meteorologie. Mit 29 Holzschnitten und 25 Karten. (406 S.) 80. 1880.

Fr. 10. —. M. 8. —.



Früh, Johann Jakob,

Über Torf und Dopplerit eine minerogenetische Studie für Geognosten,
Mineralogen, Forst- und Landwirthe

Zürich 1883

Oecon. 648 d

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11660790-0